数字农业技术

课程内容

- 1. 数字农业技术概述
- 2. GPS技术及其在农业应用
- 3. GIS技术及其在农业应用
- 4. RS技术及其在农业应用
- 5. 光谱检测技术
- 6 物联网技术
- 7 数据采集与处理技术概述

参考用书

数字农业综论

郑业鲁，薛绪掌主编

第一章 数字农业技术概述

数字农业

以农业活动的数字化为特征、由数字来驱动的农业，其主要目的是建立一个智能的农业系统，集成数据采集、数字传输、数据处理和数控设备于一体来实现农业活动的数字化、网络化和自动化；以及使得决策支持系统和与之相关的、需要数字化信息的应用能对农事活动进行分析和可视化的操作

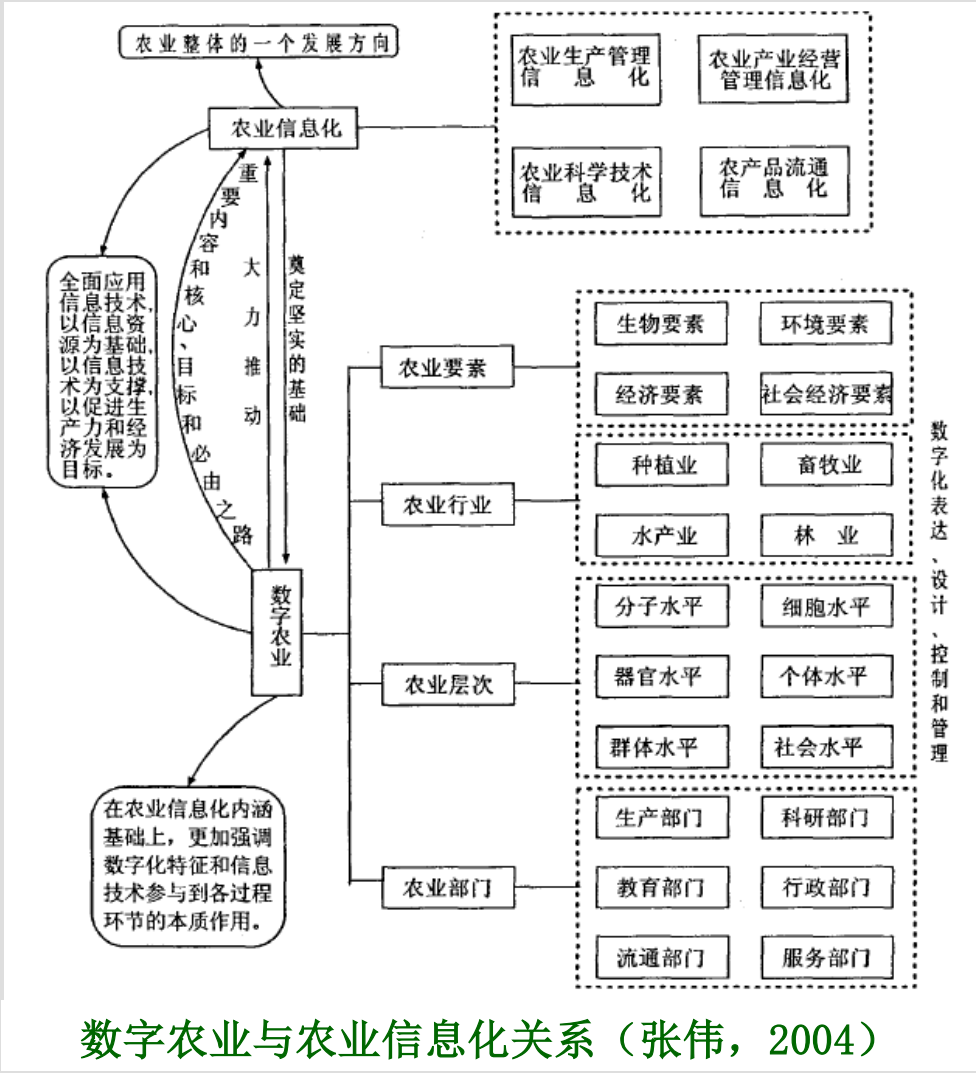
“数字农业”技术的提出

- 1997年经美国科学院、工程院两院院士讨论，发表了题为“Precision Agriculture in the 21st Century—Geospatial and Information Technologies in Crop Management”的报告，正式提出了“数字农业”（Digital Agriculture）的概念，它是指在地学空间和信息技术支撑下的集约化和信息化的农业技术。
- 1998年，前美国副总统戈尔在提出“数字地球”概念时，再次把“数字农业”定义为:“数字地球与智能农机技术相结合产生的农业生产和管理技术”。
- “数字农业”很快成为世界各国21世纪的农业发展战略，以及争先抢占科技、产业和经济的制高点之一。

“数字农业”技术

“数字农业”的概念（1）

- 它是对农业各个子系统（种植业、养殖业、水产业、林业）的各种过程（生物、环境、经济）全面实现数字化的农业。
- 要求在农业的各个部门（生产、科研、教育、行政、加工、流通、服务等）全面的实现数字化与网络化管理 。



数字农业与农业信息化关系（张伟，2004）

“数字农业”技术

另外有把“数字农业”的概念总结为：

“数字农业”的概念（2）

以农业活动的数字化为特征、由数字来驱动的农业，其主要目的是建立一个智能的农业系统，集成数据采集、数字传输、数据处理和数控设备于一体来实现农业活动的数字化、网络化和自动化；以及使得决策支持系统和与之相关的、需要数字化信息的应用能对农事活动进行分析和可视化的操作

（二）“数字农业”的内容与特点

农业要素的数字信息化	农业过程的数字信息化	农业管理的数字信息化
•生物要素 •环境要素 •技术要素 •社会经济要素	•数字化实施 •数字化设计	

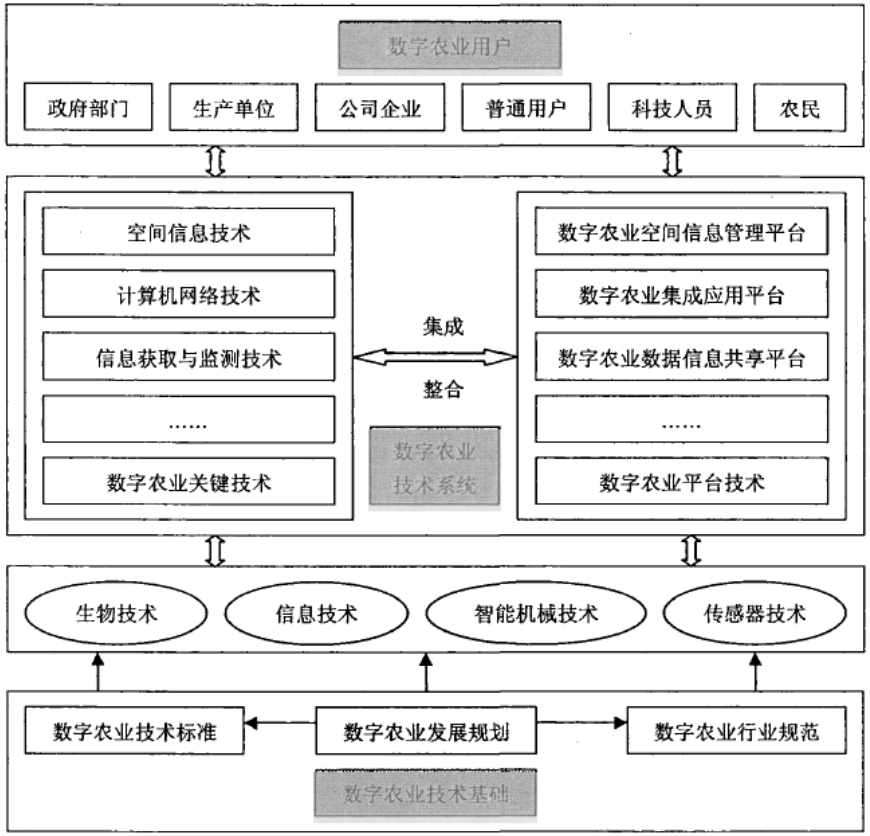
- **数字农业技术基础**

  数字农业空间信息管理标准和数字农业平台建设的标准、政策和法规等

- **数字农业关键技术**

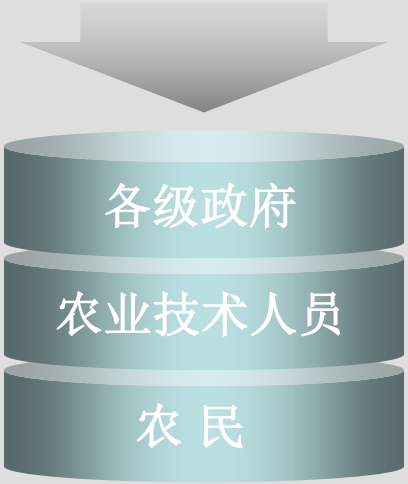
  GIS、RS、GPS、元数据管理技术、遥感图像的快速处理技术、计算机宽带网络技术、虚拟现实技术、快速自动分析检测技术、全自动化农业机械电子监控技术、作物生产管理专家决策系统、农情监测及信息采集处理技术设备、智能化农业机械装备技术等

- **数字农业平台技术**



数字农业技术体系（麻清源，2007）

核心
- 数字化统一处理农业问题
- 最大限度地开发农业信息资源
- 农业信息的集成与共享



合理地配置农业资源、调整农业结构

有效地控制农产品质量、减少资源浪费、保护环境、提高农产品竞争力

有的放矢，减少农业生产的盲目性，增加农业生产经营收入

第二章 GPS技术

目录

一、GPS的定义及由来
二、GPS的特点
三、GPS的组成
四、GPS定位原理
五、GPS技术在农业中的应用

一、GPS的定义及由来

1.GPS的定义

GPS是英文Global Positioning System（全球定位系统）的简称 。它是由美国国防部研制建立的一种具有全方位、全天候、全时段、高精度的卫星导航系统，能为全球用户提供低成本、高精度的三维位置、速度和精确定时等导航信息。

与GPS相似的全球导航卫星系统还有俄罗斯的全球轨道导航卫星系统、中国的北斗一号导航系统、欧盟的导航卫星系统。

2.GPS的由来

1957年10月第一颗人造地球卫星上天，电子导航应运而生

利用多普勒频移原理1964年建成子午卫星导航定位系统。

为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务，并用于情报搜集、核爆监测和应急通讯等一些军事目的，美国从1973年开始筹建全球定位系统，经过20余年的研究实验，耗资300亿美元，到1994年，全球覆盖率高达98%的24颗GPS卫星布设完成。

二、GPS的特点

1.GPS相对于其他定位系统的特点

1.1功能多，用途广

GPS系统不仅可用于测量、导航，还可用于测速、测时及授时，测速的精度可达0.1m／s，测时的精度可达几十毫微秒。其应用域还将继续扩大。

二、GPS的特点

1.GPS相对于其他定位系统的特点

1.2定位精度高

GPS可为各类用户连续提供动态目标的三维位置、三维速度及时间信息，其精度如表1所示。随着GPs定位技术及数据处理技术的不断完善，其精度还将进一步提高。

表1 GPS实时定位、测速与测时精度

采用的测距码	P码	C/A码
单点定位/m	5～10	20～40
差分定位/m	1	3～5
测速/(m/s)	0.1	0.3
测时/ns	100	500

二、GPS的特点

1.GPS相对于其他定位系统的特点

1.3实时定位

利用全球定位系统进行导航，即可实时确定运动目标的三维位置和速度，这样，不但可实时保障运动载体沿预定航线运行，亦可选择最佳航线。特别是对军事上动态目标的导航，具有十分重要的意义。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量技术的特点

目前，GPS定位技术不但已高度自动化，而且其所达到的定位精度及潜力（图1）使测量工作者产生了极大的兴趣。

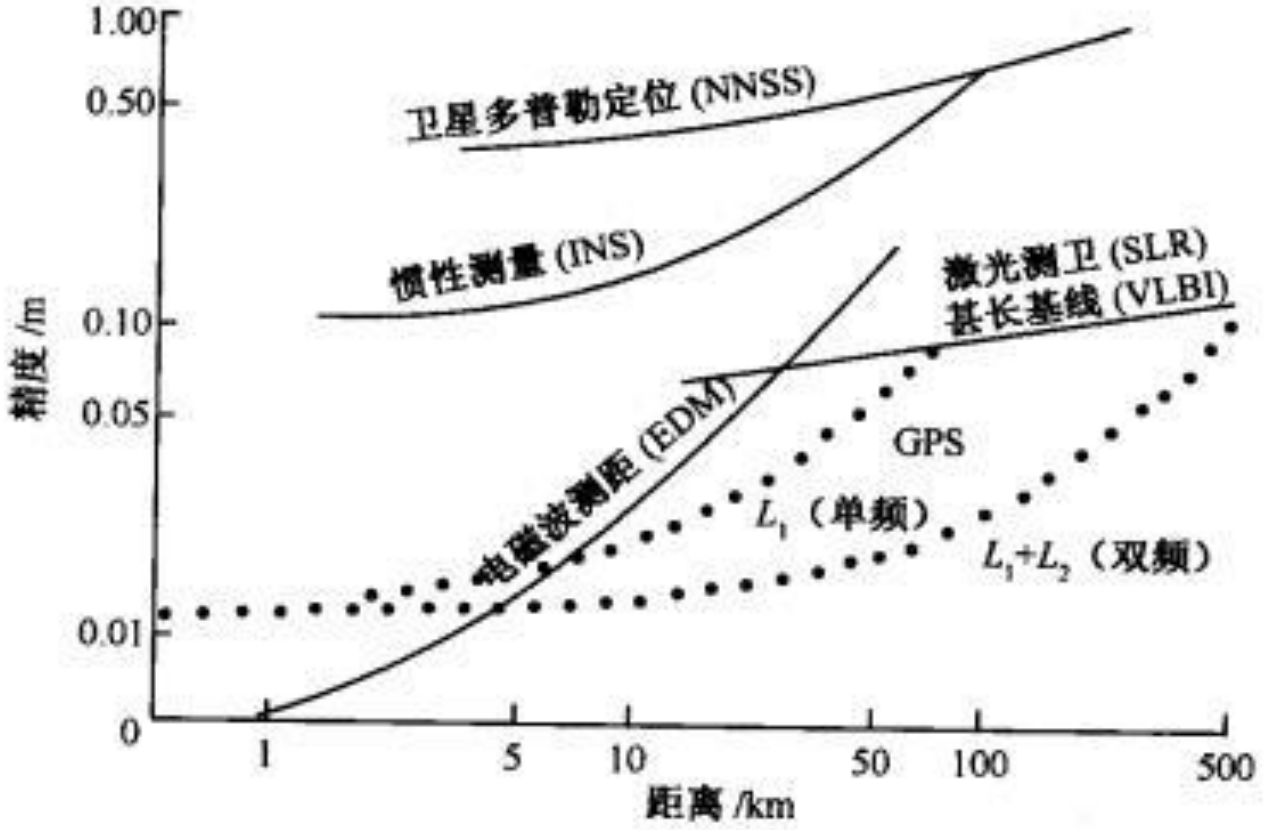


图1 几种定位方法的精度比较

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.1观测站之间无需通视

既要保持良好的通视条件，又要保障测量控制网的良好结构，这一直是经典测量技术在实践方面的难题之一。而GPS测量不需观测站之间互相通视，因而不再需要建造觇标，这一优点既可大大减少测量工作的经费和时间(一般造标费用约占总经费的30％～50％)，同时也使点位的选择变得更加灵活，经济效益不断提高。

然而，也应指出，GPS测量虽不要求观测站之间相互通视，但必须保持观测站的上空开阔(净空)，以便接收的GPS卫星信号不受干扰。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.2定位精度高

大量实验表明，目前在小于50km的基线上，其相对定位精度可达1×10^{-6}～2×10^{-6}，而在100～500km的基线上可达10^{-6}～10^{-7}，随着观测技术与数据处理软件及方法的不断改善，其定位精度还将进一步提高。在大于1000km的距离上，相对定位精度达到或优于10^{-8}。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.3观测时间短

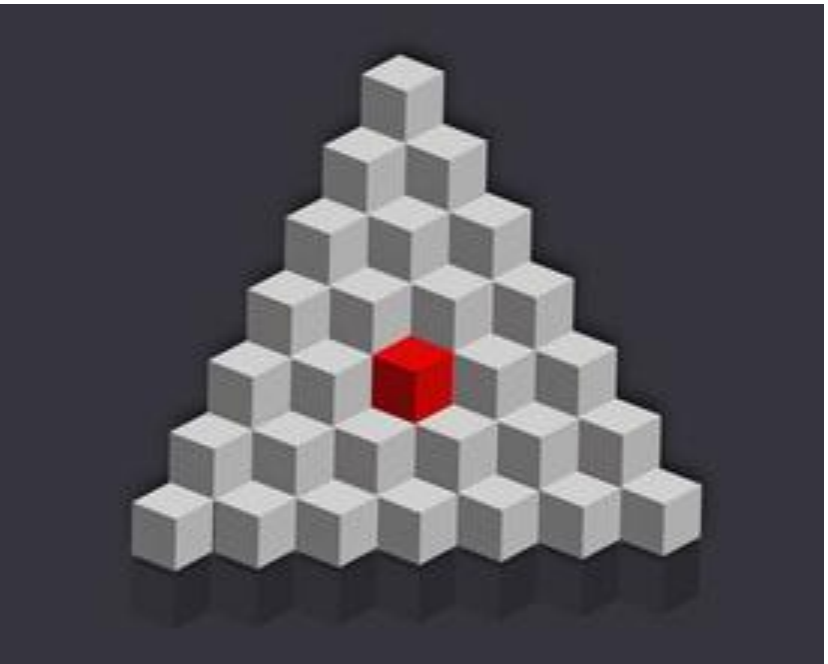
目前，利用经典的静态定位方法，测量一条基线的相对定位所需要的观测时间，根据要求精度的不同，一般约为1～3h。为了进一步缩短观测时间，提高作业速度，利用短基线(不超过20km)快速相对定位法，其观测时间仅需数分钟。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.4提供三维坐标

GPS测量中，在精确测定观测站平面位置的同时，亦可精确测定观测站的大地高程。GPS测量的这一特点，不仅为研究大地水准面的形状和确定地面点的高程开辟了新途径，同时也为其在航空物探、航空摄影测量及精密导航中的应用，提供了重要的高程数据。



二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.5操作简便

如何减少野外的作业时间及强度，是测绘工作者探索的重大课题之一，而GPS测量的自动化程度很高，在观测中测量员的主要任务只是安装并开关仪器、量取仪器高程、监视仪器的工作状态和采集环境的气象数据，而其他观测工作，如卫星的捕获、跟踪观测和记录等均由仪器自动完成。另外，GPS接收机一般重量较轻、体积较小，例NovAtel/RPK-L1 / L2型GPS接收机，重量约为1.0kg，体积为1085cm^3，携带和搬运都很方便，从而极大地减少了外业劳动强度。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量的特点

2.6全天候作业

GPS测量工作，可以在任何地点、任何时间连续地进行，一般不受天气状况的影响。因此，GPS定位技术的发展是对经典测量技术的一次重大突破。一方面，它使经典的测量理论与方法产生了深刻的变革；另一方面，也进一步加强了测量学与其他学科之间的相互渗透，从而促进了测绘科学技术的不断发展。

二、GPS的特点

2.GPS相对于常规测量技术的特点

目前，GPS定位技术不但已高度自动化，而且其所达到的定位精度及潜力（图1）使测量工作者产生了极大的兴趣。

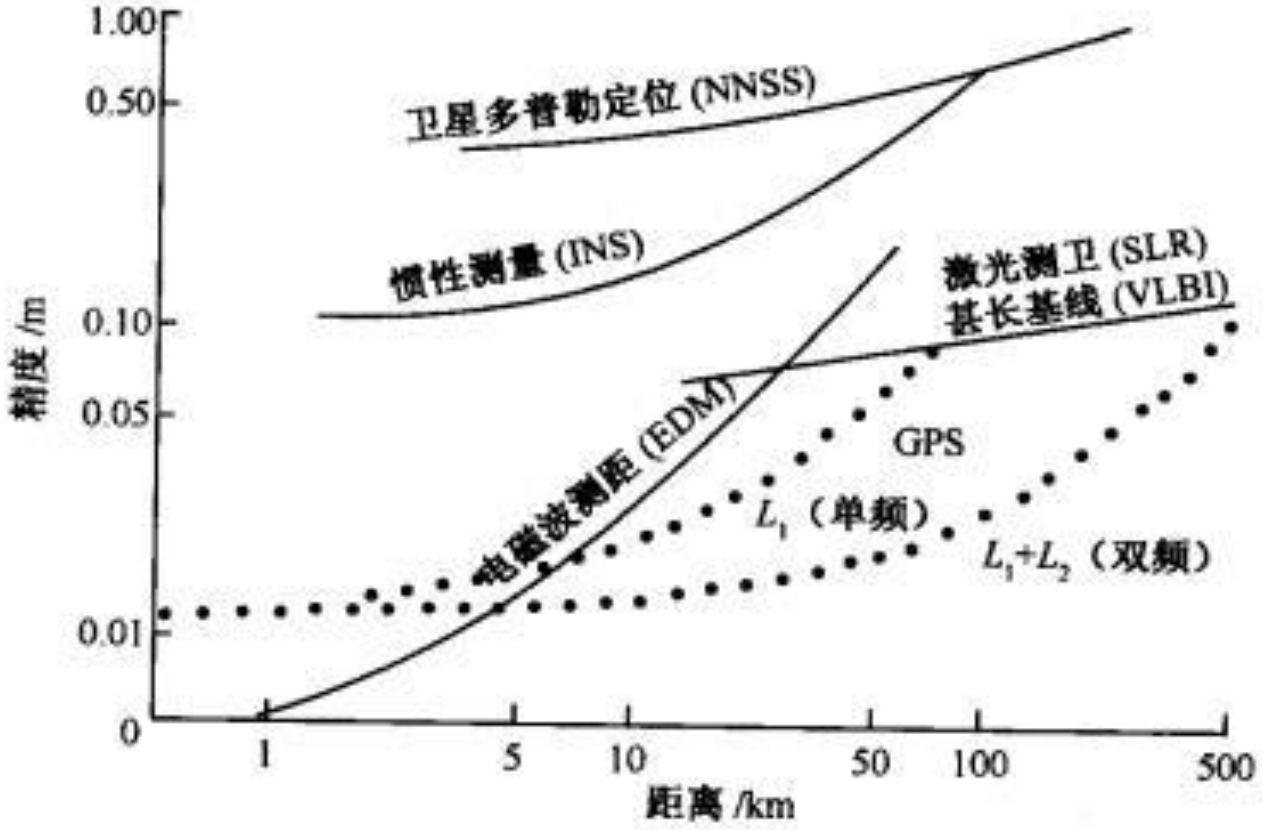
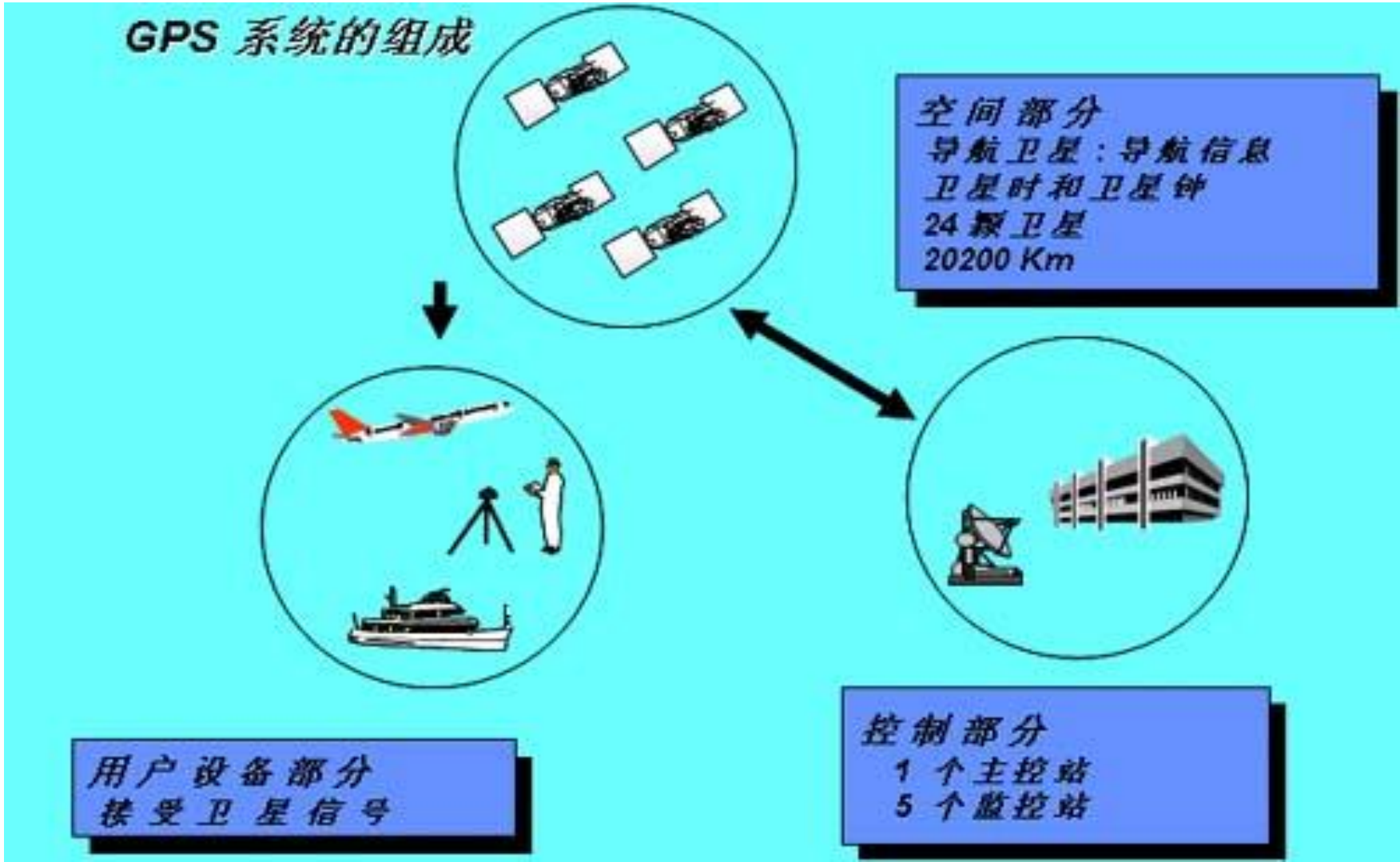


图1 几种定位方法的精度比较

三、GPS的组成

GPS定位系统由GPS卫星空间部分、地面控制部分和用户设备三部分组成。



三、GPS的组成

1.空间部分

1.1 GPS卫星星座的构成

全球定位系统的空间卫星星座见图2，由24颗(3颗备用)卫星组成。卫星分布在6个轨道面内，每个轨道上分布有4颗卫星。卫星轨道面相对地球赤道面的倾角约为55°，各轨道平面升交点的赤经相差60°。在相邻轨道上，卫星的升交距相差30°。

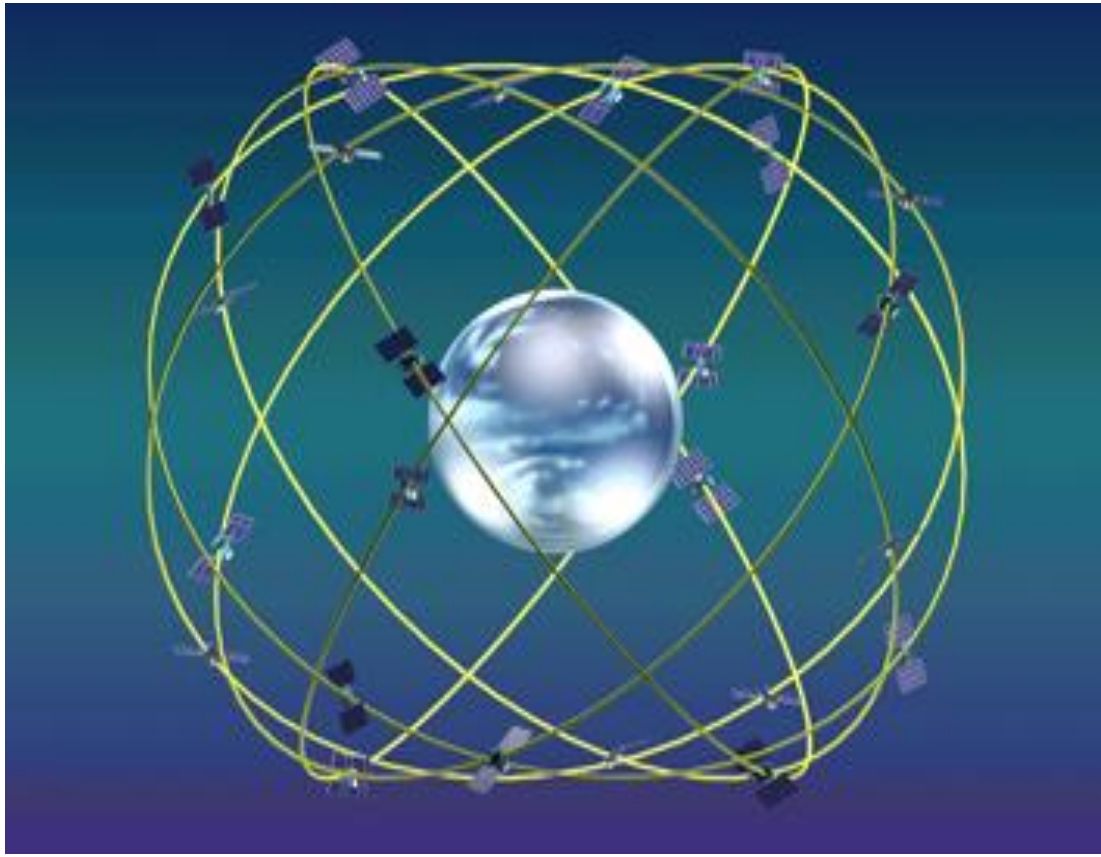


图2　全球定位系统的空间卫星星座

三、GPS的组成

1.空间部分

1.2 GPS卫星

GPS卫星的主体呈圆柱形，直径约为1.5m，重约774b(包括310kg燃料)，两侧设有两块双叶太阳能板，能自动对日定向，以保证卫星正常工作用电(图3)。在每颗卫星上装有4台高精度原子钟(2台铷钟和2台铯钟)，它是卫星的核心设备，用来发射标准频率信号，并为GPS定位提供高精度的时间标准。

图3 GPS卫星示意图

三、GPS的组成

1.空间部分

1.3 GPS的基本功能

(1)接收和储存由地面监控站发出的导航信息，接收并执行监控站发出的控制指令；

(2)在卫星上设有微处理机，可进行部分必要的数据处理工作；

(3)通讨星载铯钟和铷钟提供精密的时间标准；并向用户发送定位信息。

三、GPS的组成

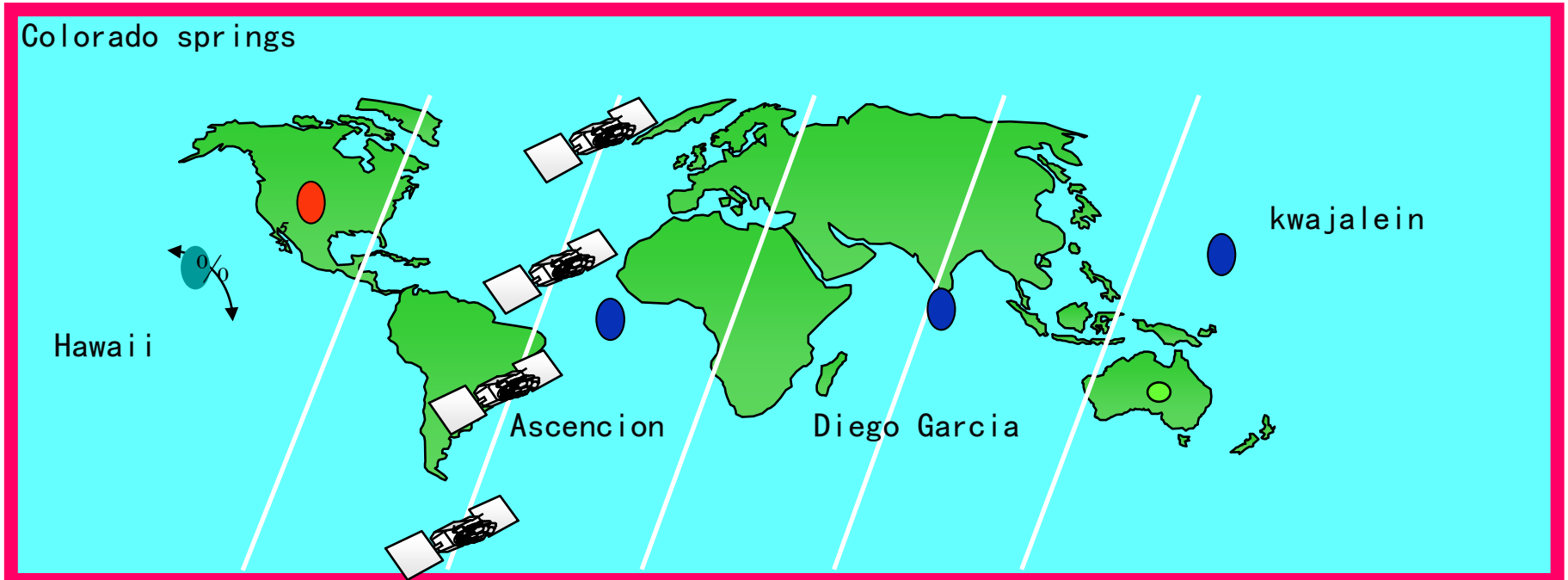
2.地面控制部分

GPS卫星的地面监控部分，是由分布在全球的5个地面站组成，其中包括卫星监测站、主控站和信息注入站三大部分。

1个主控站:Colorado springs(科罗拉多.斯平士)。

3个注入站:Ascencion(阿森松群岛)、 Diego Garcia(迭哥伽西亚)、kwajalein(卡瓦加兰)。

5个监测站： 以上主控站、注入站及Hawaii(夏威夷)。



三、GPS的组成

3.用户设备部分

GPS的空间部分和地面监控部分，是用户应用该系统进行定位的基础，用户只有利用用户设备，才能实现应用GPS定位的目的。

根据GPS用户的不同要求，所需的接收设备各异，但其主要任务是接收卫星发射的信息。

用户设备主要由GPS接收机硬件和数据处理软件，以及微处理机和终端设备组成；而GPS接收机的硬件，一般包括主机、天线和电源，主要功能是接收GPS卫星发射的信号，以获得必要的导航和定位信息及观测量，并经简单数据处理而实现实时导航和定位；GPS软件部分是指各种后处理软件包，其主要作用是对观测数据进行精加工，以便获得精密定位结果。

根据GPS用户的要求不同，GPS接收机也有许多不同的类型，一般可分为导航型、测量型和授时型。

四、GPS定位原理

1.GPS绝对定位原理

利用GPS进行绝对定位的基本原理是：以GPS卫星和用户接收机天线之间的距离观测量为基准，根据已知的卫星瞬时坐标，来确定用户接收天线所对应的位置。

GPS绝对定位方法的实质是空间距离后方交会。因此，在一个测站上，只需3个独立距离观测量。但是，由于GPS采用的是单程测距原理，同时卫星钟与用户接收机钟又难以保持严格同步，实际上观测的是测站至卫星之间的距离，由于受卫星钟和接收机钟同步差的共同影响，故又称伪距离测量。

四、GPS定位原理

1.GPS绝对定位原理

接收机的钟差，一般难以预先准确测定。所以，可将其作为一个未知参数与观测站坐标在数据处理中一并解出。因此，在一个测站上，为了实时求解4个未知参数(3个点位坐标分量及1个钟差参数)，至少应有4个同步伪距观测量，即至少必须同步观测4颗卫星(图4)。

GPS绝对定位，根据用户接收机天线所处的状态不同，又可分为动态绝对定位和静态绝对定位。目前，无论是动态绝对定位还是静态绝对定位，所依据的观测量都是所测卫星至观测站的伪距。通常也称为伪距定位法。

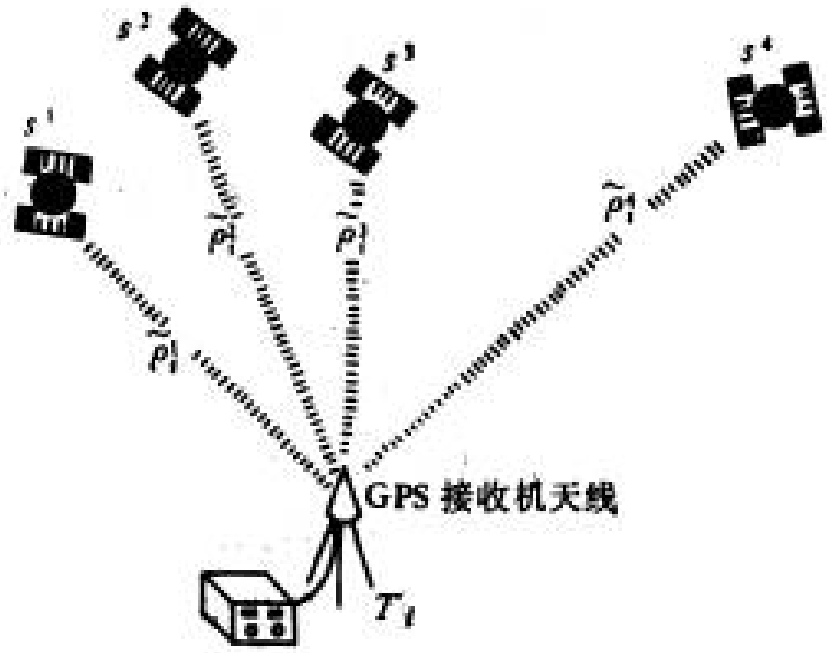


图4 GPS绝对定位

四、GPS定位原理

2.GPS相对定位原理

2.1 GPS静态相对定位

用两台接收机分别安置在基线的两个端点，其位置静止不动，同步观测相同的4颗以上GPS卫星，确定基线两个端点在协议地球坐标系中的相对位置，这种定位模式称为静态相对定位(图5)。

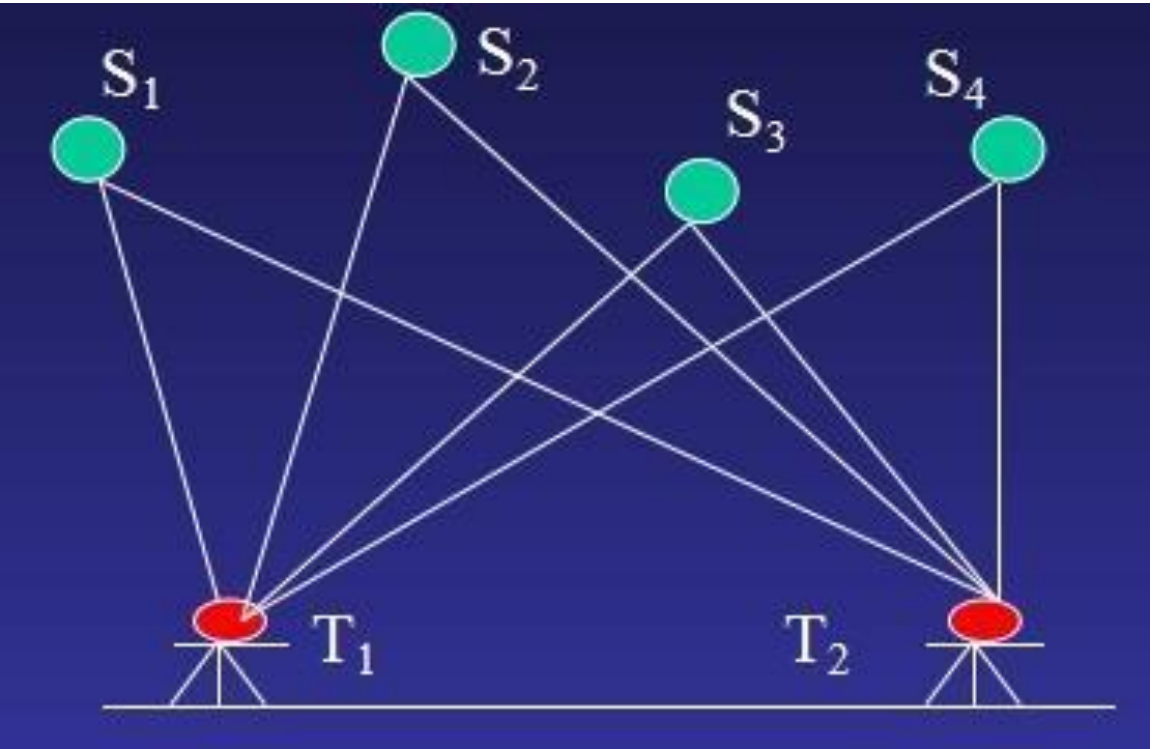


图5 GPS静态相对定位原理

四、GPS定位原理

2.GPS相对定位原理

2.2 GPS动态相对定位

由于GPS测量误差具有较强的相关性，因此，可以在GPS动态定位中引入相对定位作业方法，即GPS动态相对定位。该作业方法实际上是用两台GPS接收机，将一台接收机安设在基准站上固定不动，另一台接收机安置在运动的载体上，两台接收机同步观测相同的卫星，通过在观测值之间求差，以消除具有相关性的误差，提高定位精度。而运动点位置是通过确定该点相对基准站的相对位置实现的，如图6所示。这种定位方法也叫差分GPS定位。

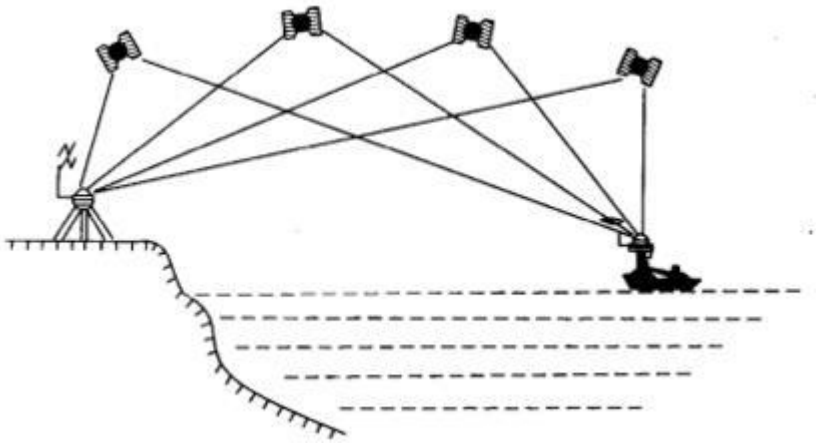


图6 GPS动态相对定位原理

五、GPS技术在农业中的应用

1.精准施肥

传统施肥方式因土壤肥力在地块不同区域差异较大，所以在平均施肥情况下，肥力低而其它生产性状好的区域往往施肥量不足，而某种养分含量高而丰产性状不好的区域则引起过量施肥。

五、GPS技术在农业中的应用

1.精准施肥

GPS为控制施肥提供空间定位和导航支持，基于GPS的变量施肥技术能根据不同地区、不同土壤类型、土壤中各种养分的盈亏情况、作物类别和产量水平，将微量元素与有机肥加以科学配方，做到有目的地科学施肥。

五、GPS技术在农业中的应用

2.精准灌溉

精确灌溉既能满足作物生长过程中对灌水时间、灌水量、灌水位置、灌水成分的精确要求，又能按照田间的每个操作单元的具体条件，精细准确地调整农业用水管理措施，最大限度地提高水的利用效率和利用率。在田间运用GPS土地参数采样器采集植物生长的环境参数，如土壤湿度、地温等，通过GPS中心控制基站利用专家系统进行植物分析，可以调控植物生长环境，精确调控节水灌溉系统。

五、GPS技术在农业中的应用

3.精准喷药

运用GPS监测病虫草害是预测预报的新手段，通过GPS系统连接高质量视频摄像系统拍摄分析图像，可以收集原始数据，监测大田作物，得出田间病虫草害分布大小位置，并可以通过逐次拍摄确认害虫的迁飞路线、种群数量和为害程度，以及病虫草害发展方向及流行趋势。

如要对大面积农田集中进行喷药，则可选择装有差分GPS(DGPS)的飞机。DGPS航空导航系统可以引导飞行员从机场直接前往作业区，在已设计的航线和高度飞行喷洒药物，若飞行员加满药物再次返回作业区时，系统还能让飞机到达上次药物喷洒停止时的准确地点，以便确保既无重复喷洒又无遗漏区域。

Thank you !

第三章 地理信息系统（GIS）

1. 简介

2. GIS功能特征

3. GIS在农业中的应用

4. GIS应用在农业领域的发展前景

1、GIS简介

地理信息系统：GIS

（Geographic Information System）

定义：GIS是一种为了获取、存储、检索、分析和现实定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统。（1998年，美国国家地理信息与分析中心）

GIS诞生：

1962年，加拿大Roger Tomlinson教授首次提出并领导建立了世界上首个具有实用意义的GIS，被称为CGIS（Canada GIS）。

此后的几十年里，美国NASA，日本国土信息中心，中国科学院地理所等单位先后完成了各项专用GIS的开发。

GIS是一门综合性学科，结合地理学与地图学以及遥感和计算机科学，已经广泛的应用在不同的领域，是用于输入、存储、查询、分析和显示地理数据的计算机系统，随着GIS的发展，也有称GIS为“地理信息科学”（Geographic Information Science），近年来，也有称GIS为“地理信息服务”（Geographic Information service）。GIS是一种基于计算机的工具，它可以对空间信息进行分析和处理。GIS 技术把地图这种独特的视觉化效果和地理分析功能与一般的数据库操作集成在一起。GIS与其他信息系统最大的区别是对空间信息的存储管理分析，从而使其在广泛的公众和个人企事业单位中解释事件、预测结果、规划战略等中具有实用价值。

GIS可以分为以下五部分：

（1）人员：是GIS中最重要的组成部分。开发人员必须定义GIS中被执行的各种任务，开发处理程序。熟练的操作人员通常可以克服GIS软件功能的不足，但是相反的情况就不成立。最好的软件也无法弥补操作人员对GIS的一无所知所带来的负作用。

（2）数据：精确的可用的数据可以影响到查询和分析的结果。

（3）硬件：硬件的性能影响到软件对数据的处理速度，使用是否方便及可能的输出方式。

（4）软件：不仅包含GIS软件，还包括各种数据库，绘图、统计、影像处理及其它程序。

（5）过程：GIS 要求明确定义，一致的方法来生成正确的可验证的结果。

GIS属于信息系统的一类，不同在于它能运作和处理地理参照数据。地理参照数据描述地球表面(包括大气层和较浅的地表下空间)空间要素的位置和属性，在GIS中的两种地理数据成分：空间数据，与空间要素几何特性有关；属性数据，提供空间要素的信息。

2、GIS功能特征

GIS 功能

采集

存储

查询

分析

显示

输出

就GIS本身来说，大多数功能较全的GIS一般均具备四种类型的基本功能，它们分别是：

（1）数据采集与编辑功能

GIS的核心是一个地理数据库,所以建立GIS的第一步是将地面的实体图形数据和描述它的属性数据输入到数据中,即数据采集.为了消除数据采集的错误,需要对图形及文本数据进行编辑和修改。

（2）制图功能

GIS的核心是一个地理数据库。建立GIS首先是将地面上的实体图形数据和描述它的属性数据输出到数据库中并能编制用户所需要的各种图件。因为大多数用户目前最关心的是制图。从测绘角度来看，GIS是一个功能极强的数字化制图系统。然而计算机制图需要涉及计算机的外围设备,各种绘图仪的接口软件和绘图指令不尽相同,所以GIS中计算机绘图的功能软件并不简单。一个功能强的制图软件包还具有地图综合,分色排版的功能。根据GIS的数据结构及绘图仪的类型,用户可获得矢量地图或栅格地图。地理信息系统不仅可以为用户输出全要素地图，而且可以根据用户需要分层输出各种专题地图,如行政区划图、土壤利用图、道路交通图、等高线图等，还可以通过空间分析得到一些特殊的地学分析用图。

（3）空间数据库管理功能

地理对象通过数据采集与编辑后，形成庞大的地理数据集。对此需要利用数据库管理系统来进行管理。GIS一般都装配有地理数据库，其功效类似对图书馆的图书进行编目，分类存放，以便于管理人员或读者快速查找所需的图书。其基本功能包括：

①数据库定义

②数据库的建立与维护

③数据库操作

④通讯功能

（4）空间分析功能

通过空间查询与空间分析得出决策结论，是GIS的出发点和归宿。在GIS中这属于专业性，高层次的功能。与制图和数据库组织不同，空间分析很少能够规范化，这是一个复杂的处理过程，需要懂得如何应用GIS目标之间的内在空间联系并结合各自的数学模型和理论来制定规划和决策。

3、GIS在农业中的应用

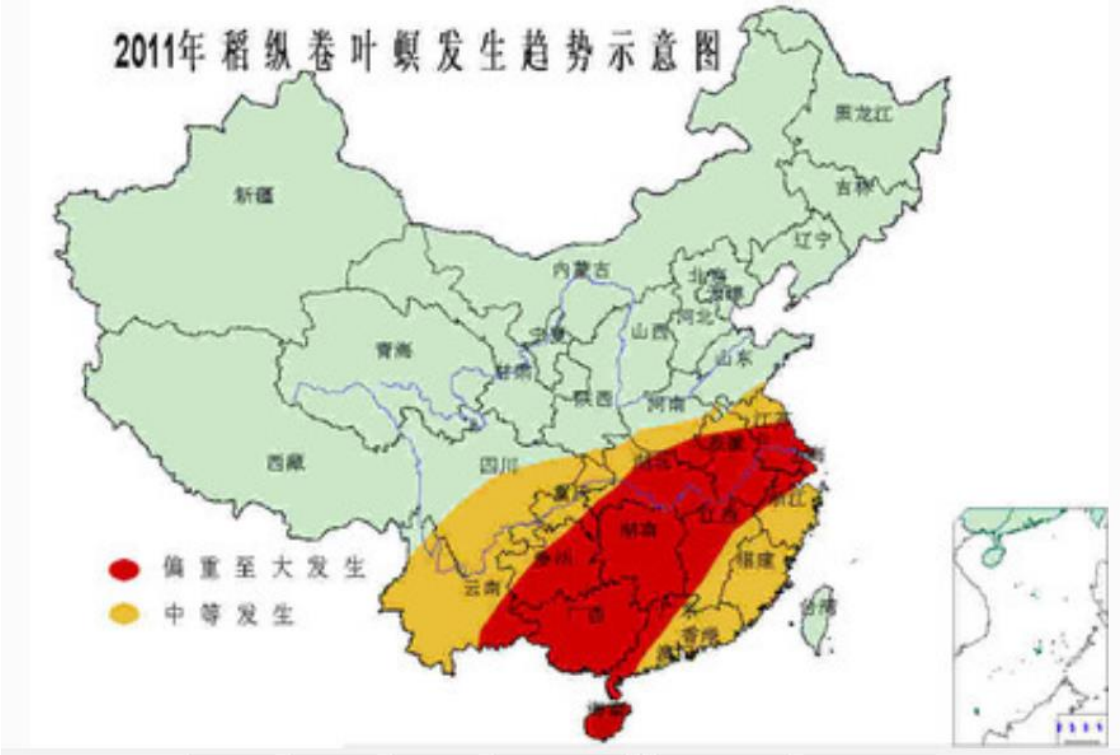
GIS在具体农业领域的应用主要有以下几个领域，他们分别是：

（一）GIS在农业灾害预测与控制中的应用：

随着地球气候的变幻莫测，各种复杂极端的气候层出不全，水灾、旱灾、风沙、冰冻都是危害农业的重大气象气候灾害，在人类与自然灾害作斗争中，GIS可以为人们在这方面做出重大贡献。在检测自然灾害中GIS与GPS、RS技术相互结合相互利用使得减灾防灾治灾有了科学依据和宏观世面。

对于有灾的区域，可根据GIS提供的数据计算出灾害面积，须治灾人物财力等，同时可以根据GIS的空间特性，对某一地方历史数据分析，从而推演其灾害时空规律，对灾害预测并提供宏微观的数据以分析对策。

如右图所示：
对2011年中晚稻主要病虫害发生趋势预测。



（二）GIS技术在水土保持中的应用：

目前G IS 已经成为土壤侵蚀分析、水土保持规划设计、水土保持监测等方面的重要工具。

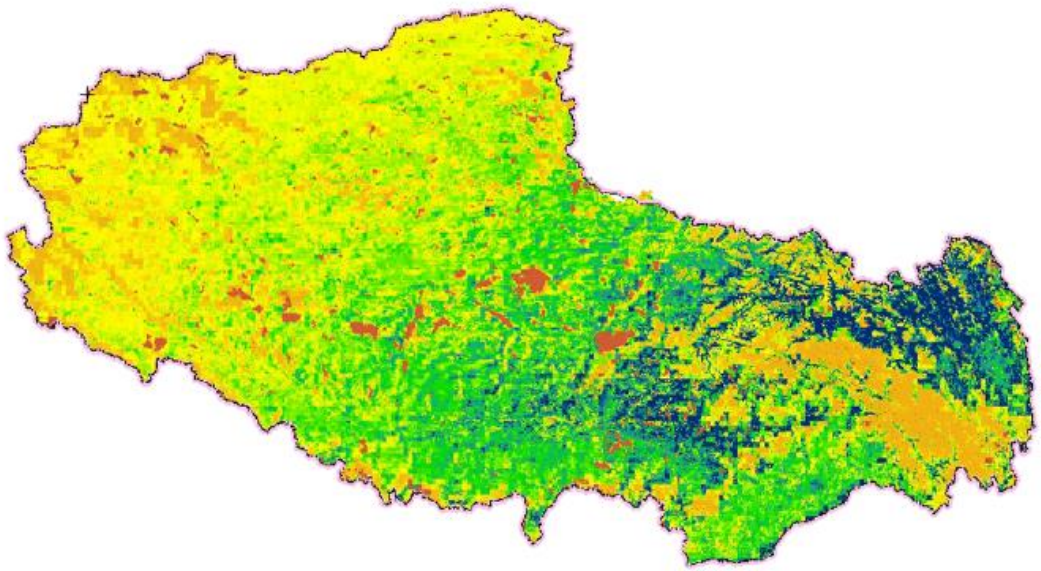
1）GIS 技术在土壤侵蚀分析中的应用：

GIS 技术在土壤侵蚀分析中，主要是利用GIS 与RS 技术的有机结合,即利用RS 技术提供的卫星遥感图片，通过GIS技术对图形和属性进行输入、输出、修改和查询的功能,从而建立土壤侵蚀信息系统,为后期水土保持工作的开展提供科学依据。

2）GIS 技术在水土保持监测中的应用

主要用于土壤侵蚀监测、治理效益监等。G IS 技术的应用使监测工作更加动态化、科学化，特别是以小流域为单元的监测管理,能把水土保持工作中的土壤侵蚀和治理效益等情况及时而准确地落实在小流域的地块上,使得G IS 技术在水土保持监测工作中起着极其重要的作用。

如右图所示：
该图是对流域水之源环境的一个预测和监控。



（三）GIS在农业资源调查和管理中的应用：

农业资源是人们从事农业生产或农业经济活动所利用的各种物质与能量。农业资源调查就是针对农业资源的属性进行清查。GIS建立这些属性的空问和统计数据库，信息来源于土壤图、气候图、各种统计报表等。GIS将图形与数据库有机结合，可实现农业资源档案的计算机一体化，为农业资源自动化管理服务。利用GIS建成的信息系统较传统的数据库管理系统查询更科学、空问数据更及时，农业资源统计表和图形的同时输出使得信息更直观。由此我们可以看出GIS在现代农业资源调查和管理中有着非常重要和不可或缺的重要作用。

（四）GIS开展农业适应性评价中的应用

农业土地适宜性评价是通过对农用土地自然属性的综合鉴定，将农用土地按质量差异分级，以阐明在一定科学技术水平下，农用土地在各种利用方式中的优劣及对农作物的相对适宜程度，是农业土地利用决策的一项重要工作。利用GIS进行土壤适宜性评价就是讲土壤类型、质地、有机质含量等土地空间和属性数据进行整合，依据各个因素对作物生长的重要性进行权重运算和评价，实现土地适宜性分级。

（五）GIS开展农业生态环境研究中应用：

农业生态环境是农业发展中的一个重要课题，农业生态环竟直接影响着农业生产和农村人居环境。如何实现好农业生态环境的美好，GIS可以发挥重要的作用。

地理信息系统在农业生态环境研究中应用广泛，主要有环境监测、生态环境质量评价与环境影响评价、环境预测规划与生态管理以及面源污染预防等。就环境监测而言，依据GIS的模型功能，结合环境监测的日常工作需要，建立农业生态环境模型，模拟区域内农业生态环境的动态变化和发展趋势，为决策和管理提供依据：就环境质量而言，由于污染源的区域性、

污染物的流动性以及区域梯度变化，用GIS作为支持系统可使环境质量评价结果更加科学和直观。由此我们可以看出GIS在农业生态环境研究中用处很大。

由右图所示：

该图是GIS在地质灾害评估中的应用。

（六）GIS在农业气候区划中的应用：

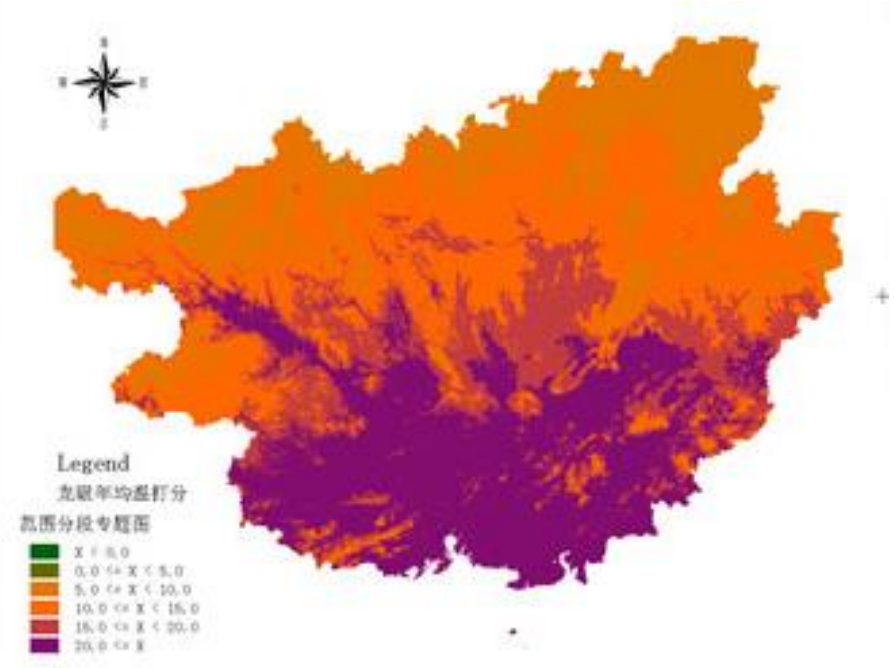
农业气候资源不仅在空间上有变化而且随着时间的推移也是变化的。用传统的区划方法，缺乏直观的空间数据反映，也难以做到随时间变化而及时变化。GI S技术的应用就恰恰解决这一困难。运用地理信息系统软件建立气候资源及地理要素信息数据库，并到该地数字高程模型，建立气象资料推算模型，再根据作物气候区划指标进行多个气候要素空间分析综合评价，得到客观精细的气候资源和作物气候区划成果。其方法是：

1）气象资料数据库的建立;

2）地理信息数据库的建立;

3)空间分析模型的建立;

如右图所示：
为广西甘蔗种植
气候区的示意图：



（七）GIS在农作物估产与检测中的应用：

农作物的估产和检测对国家的粮食政策和粮食进出口至关重要。它主要包括种植面积及和产量的估计和检测。目前3S技术已经被许都国家用作是进行来农业行情分析。这么一来既可以减少人财物力的过大投入，又可以比较准确的得到数据，是科学的估计和检测方法，具有十分重要的作用。

（八）GIS在精确农业中的应用：

精确农业：它是指在遥感、遥测、GPS\GIS、计算机技术、自灌，自己耕作、自己收获技术、保存技术等定位到中、小尺度的农田，在微观尺度上直接与农业生产活动和管理相结合的高新技术系统，GIS在其中是一个重要环节，其在精确农业中的应用主要包括：

1）是承载平台与基础，各种数据的流入流出以及对信息的决策管理都要经过GIS。

2）是其核心组件，将其他硬件软件系统的组合起来，起到搜集熔接的作用。

3）用作各种农田土地数据的采集、编辑统计、分析不同类型的空间数据。

4）完成作物产量分布图等农业专业地图的绘制和分析等重要的工作和环节。

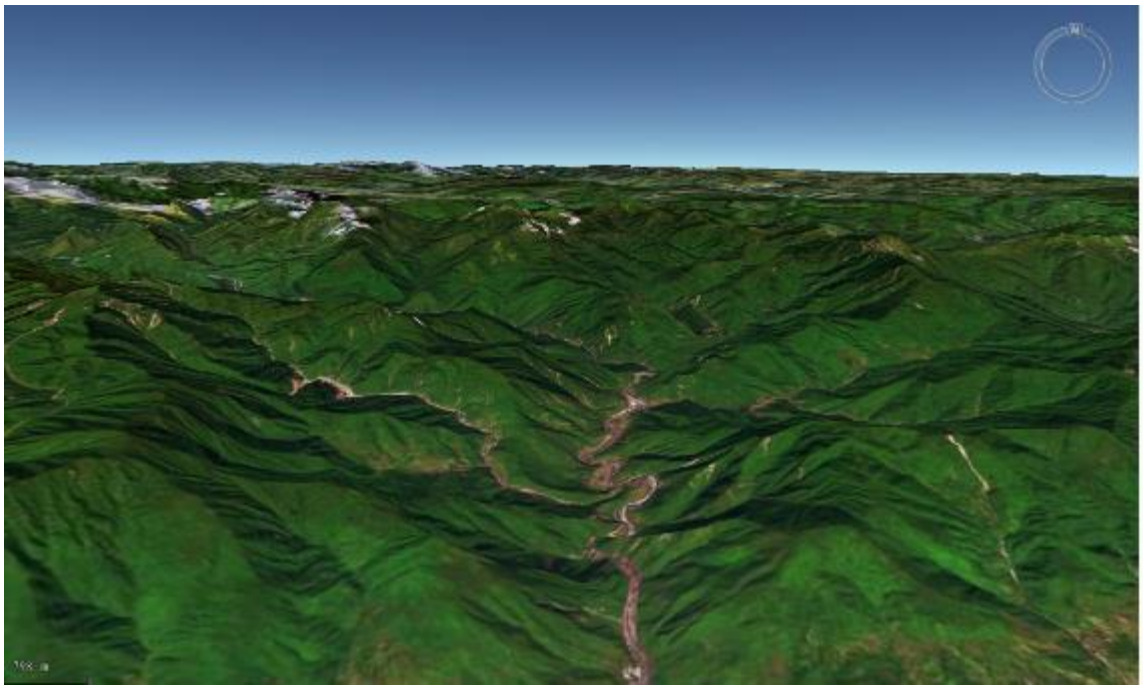
综上可见在农业各个具体领域GIS发挥者其重大和独特的作用，当然GIS不止由上面的八大用途，同时在用于评价农业药品的投入和产生的效益和作用，农田的灌溉空间分布，污染综合治理，农业气象规划等方面也有着重要的作用，相信随着GIS功能的不断开拓和农业集约化、现代化、信息化的发展GIS会在更多的具体领域发挥其重大作用。

4、GIS应用在农业领域的发展前景

GIS随着技术的不断进步，应用的不断广泛，其发展有着广阔的前景。在农业方面GIS作为现代化农业得以实现的重要技术支撑，利用其自身优势已经在农业领域发挥着重要作用，在我国农业领域应用不断扩大和发展。按G I S发展趋势在农业中的应用前景有下面的内容：

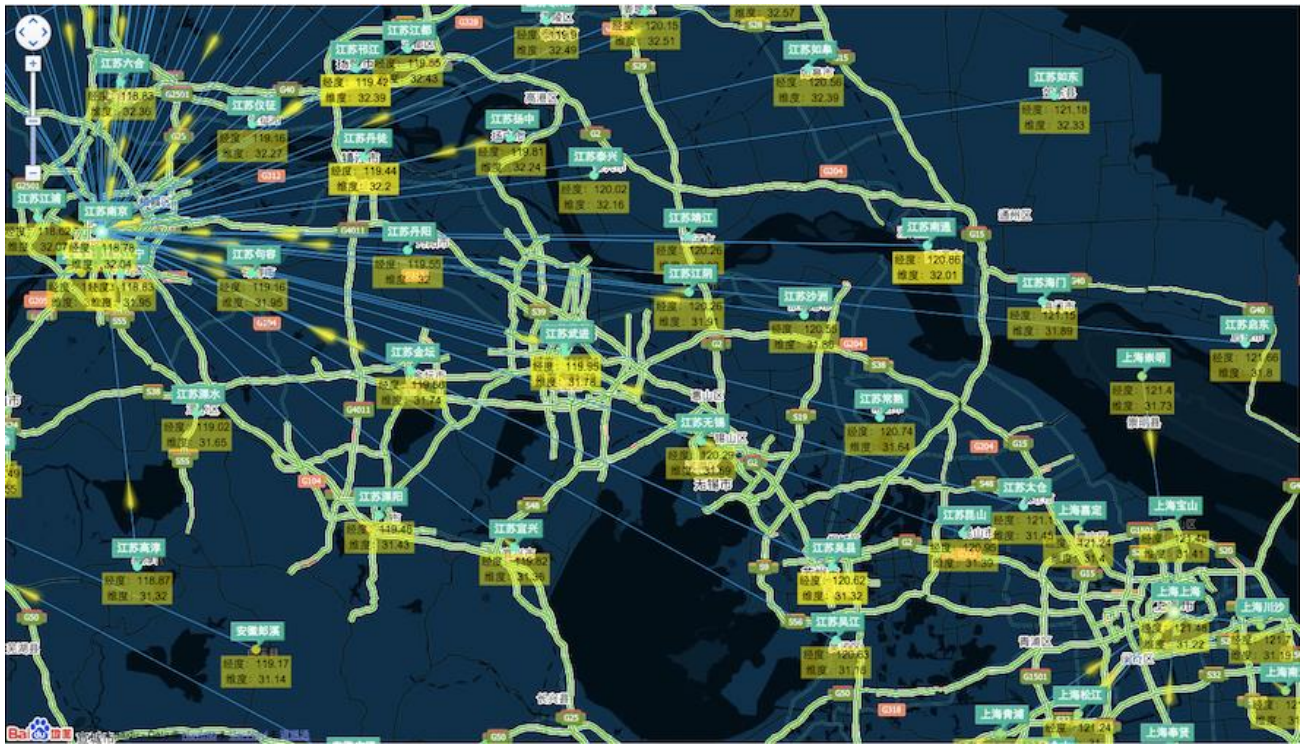
1）应用型 GIS与专家系统结合，产生智能GIS系统，可以非常有效的解决农业领域复杂的空间问题；

2）真三维GIS将更真实、更具体的展示农业资源信息和农业信息分析结果；



3 ） 网络GIS，利用强大的网络技术，实现协同工作、数据共享，实现空间信息网络化，可为农业信息的共享、分布式查询、分析以及辅助决策和管理提供服务；

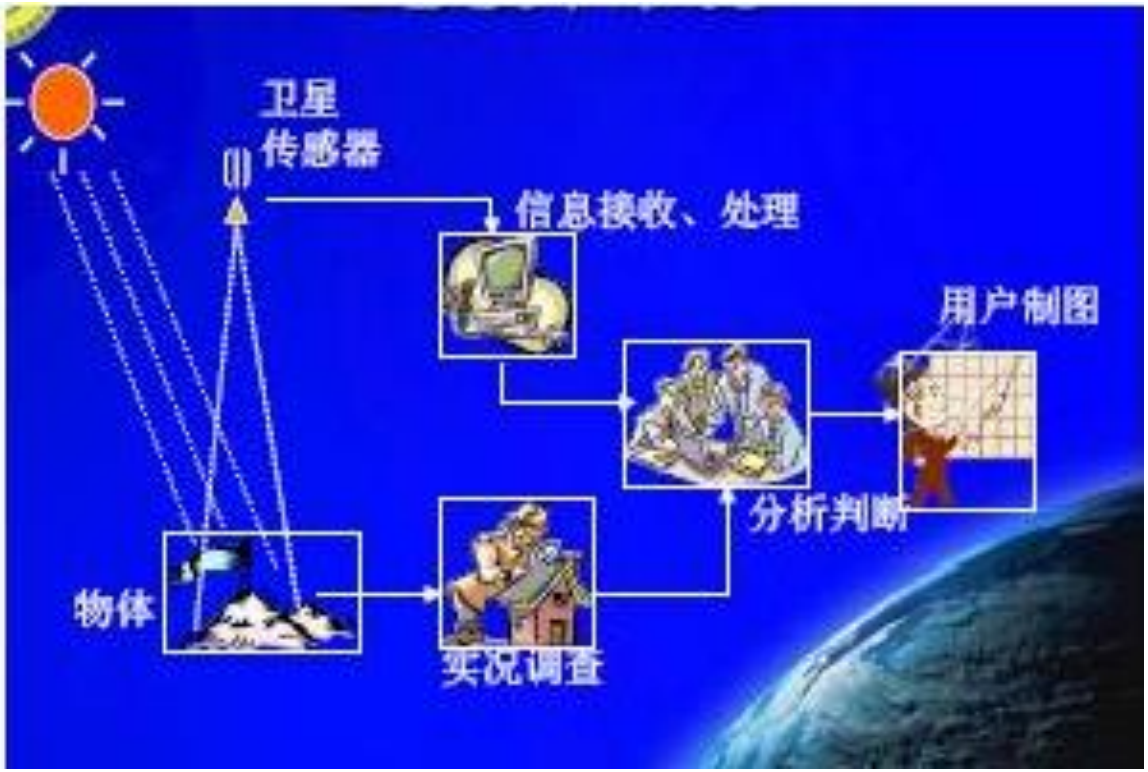
如下图为利用GIS和百度地图结合的网络拓扑应用



4 ）移动GIS可在不同时空不同用户供不同的信息服务，用户可以将农业调查数据随时随地入库，也可以对各种农业信息进行随时随地的查询、管理和分析；

如下图所示，移动GIS的一些应用领域：

5）GIS与遥感（ RS ）、全球定位系统（ GPS ）等信息技术充分集成，为各种农业信息的采集、存储、分析、处理和应用提供支持，以实现农业信息化、数字化和现代化。



我国是农业大国，实现农业的可持续发展事关全局。GIS处理空间问题的超强能力可以支持和促进农业的可持续发展。因此，应该更好的推进GIS在农业中的应用和研究工作，使GIS更好的为农业的发展服务。

第四章　RS技术

目录

一、RS技术的定义及历史
二、RS技术的特点
三、遥感技术系统
四、遥感技术的原理
五、遥感的作用

一、RS技术的定义及历史

1.RS技术的定义

遥感(Remote Sensing)，通常是指通过某种传感器装置，在不与研究对象直接接触的情况下，获得其特征信息，并对这些信息进行提取、加工、表达和应用的一门科学技术。

RS技术（另一释义），即遥感技术，是从远距离感知目标反射或自身辐射的电磁波、可见光、红外线，对目标进行探测和识别的技术。

一、RS技术的定义及历史

1.RS技术的定义

广义遥感：利用仪器设备从远处获得被测物体的电磁波辐射特征（光，热），力场特征（重力、磁力）和机械波特征（声，地震），据此识别物体。

狭义遥感：主要指从远距离、高空以至外层空间的平台上，利用可见光、红外、微波等探测器，通过摄影或扫描、信息感应、传输和处理，从而识别地面物质的性质和运动状态的现代化技术系统。（《遥感大词典》）

一、RS技术的定义及历史

2.RS技术的历史

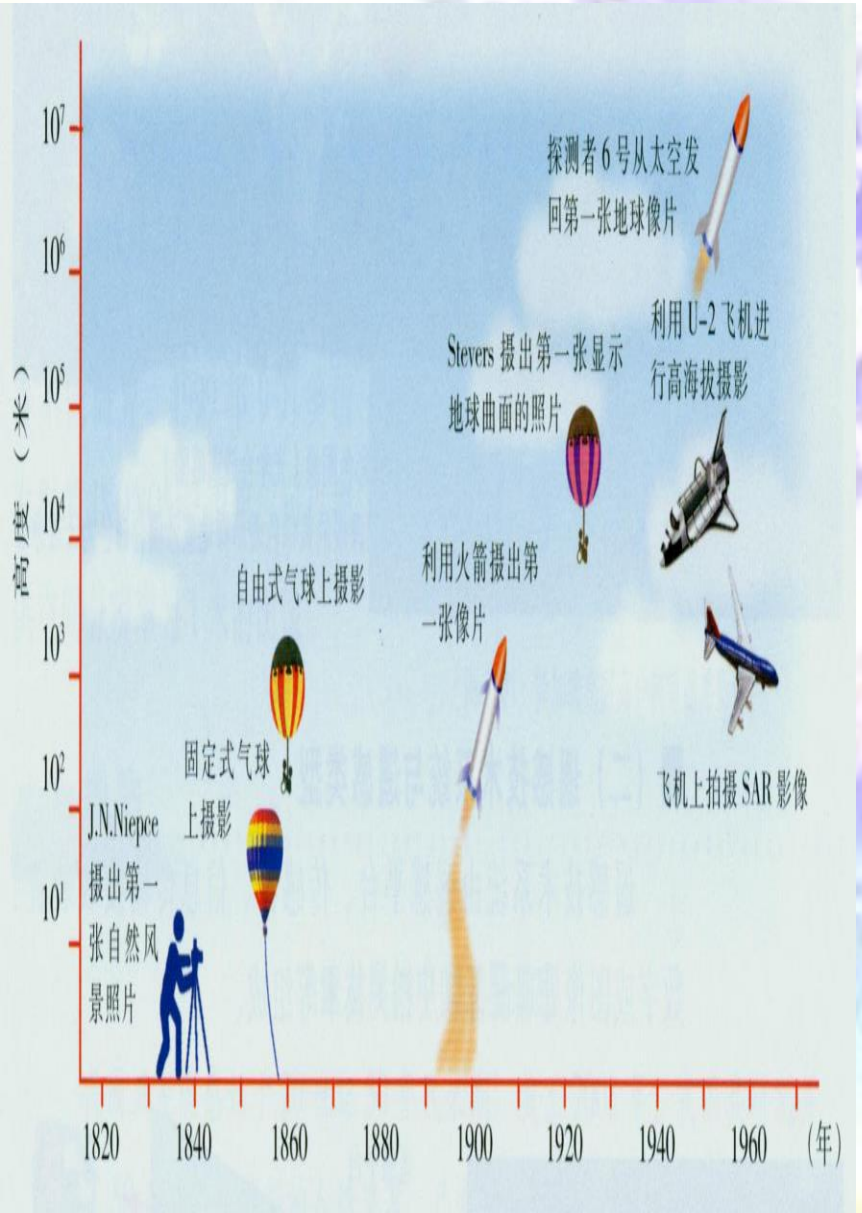
第一架照相机拍摄的第一张风景照片就可以称为遥感，是利用近地面平台成像遥感，利用气球作为遥感平台是对近地面遥感的进一步发展；

20世纪初第一架飞机诞生、1915年世界上第一台航空摄影专用相机产生，标志着航空遥感技术产生，但航空遥感最早被广泛应用于军事侦察领域，直到1920年以后航空遥感才开始在民用领域得到应用；

1957年，原苏联第一颗人造卫星的升空标志着人类进入太空时代，随后美国阿波罗宇宙飞行器发回第一张地球影像图，标志着太空遥感（航天遥感）时代到来

一、RS技术的定义及历史

2.RS技术的历史



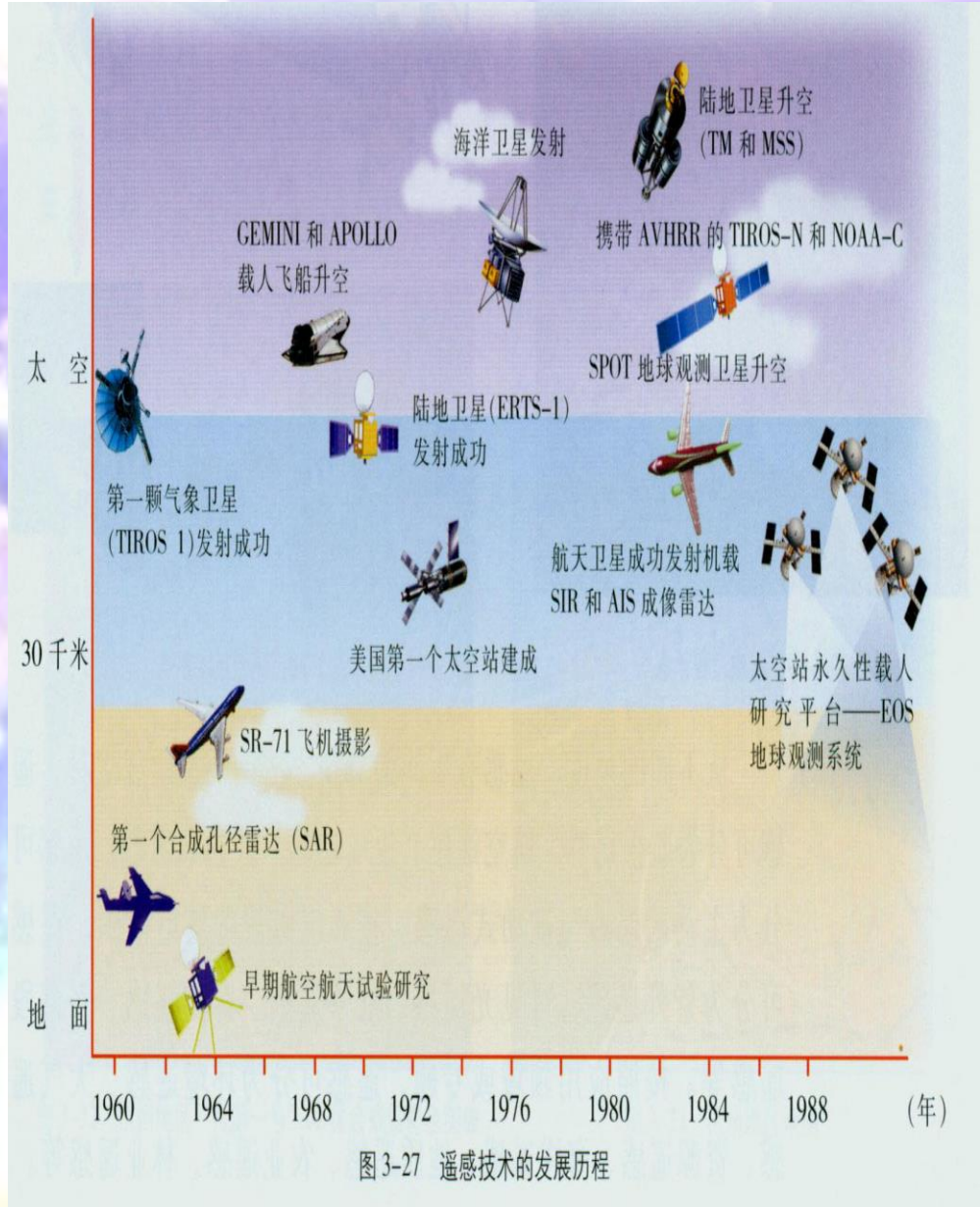


图 3-27 遥感技术的发展历程

二、RS技术的特点

遥感的出现，扩展了人类对于其生存环境的认识能力，较之于传统的野外测量和野外观测得到的数据，遥感技术具有以下优点：

（1） 增大了观测范围；

（2）能够提供大范围的瞬间静态图像，用于监测动态变化的现象；

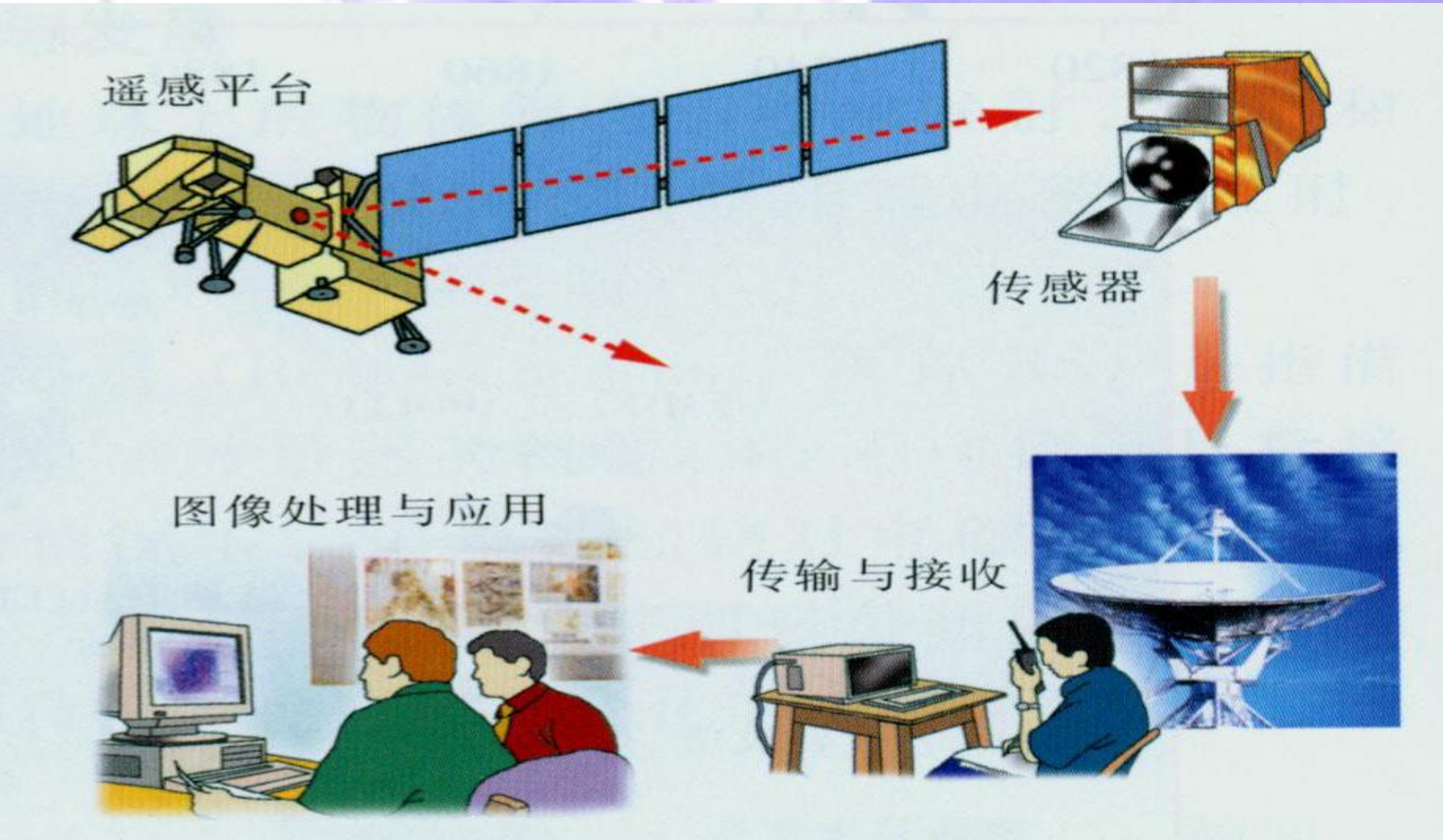
（3）能够进行大面积重复观测，即使是人类难以到达的偏远地区；

（4）大大“加宽”了的人眼所能观察的光谱范围，遥感使用的电磁波波段从X光到微波，远远超出了可见光范围；而雷达遥感由于使用微波，可以不受制于昼夜、天气变化，进行全天候的观测；

（5）空间详细程度高，航空相片的空间分辨率可以高达厘米级甚至毫米级。

三、遥感技术系统

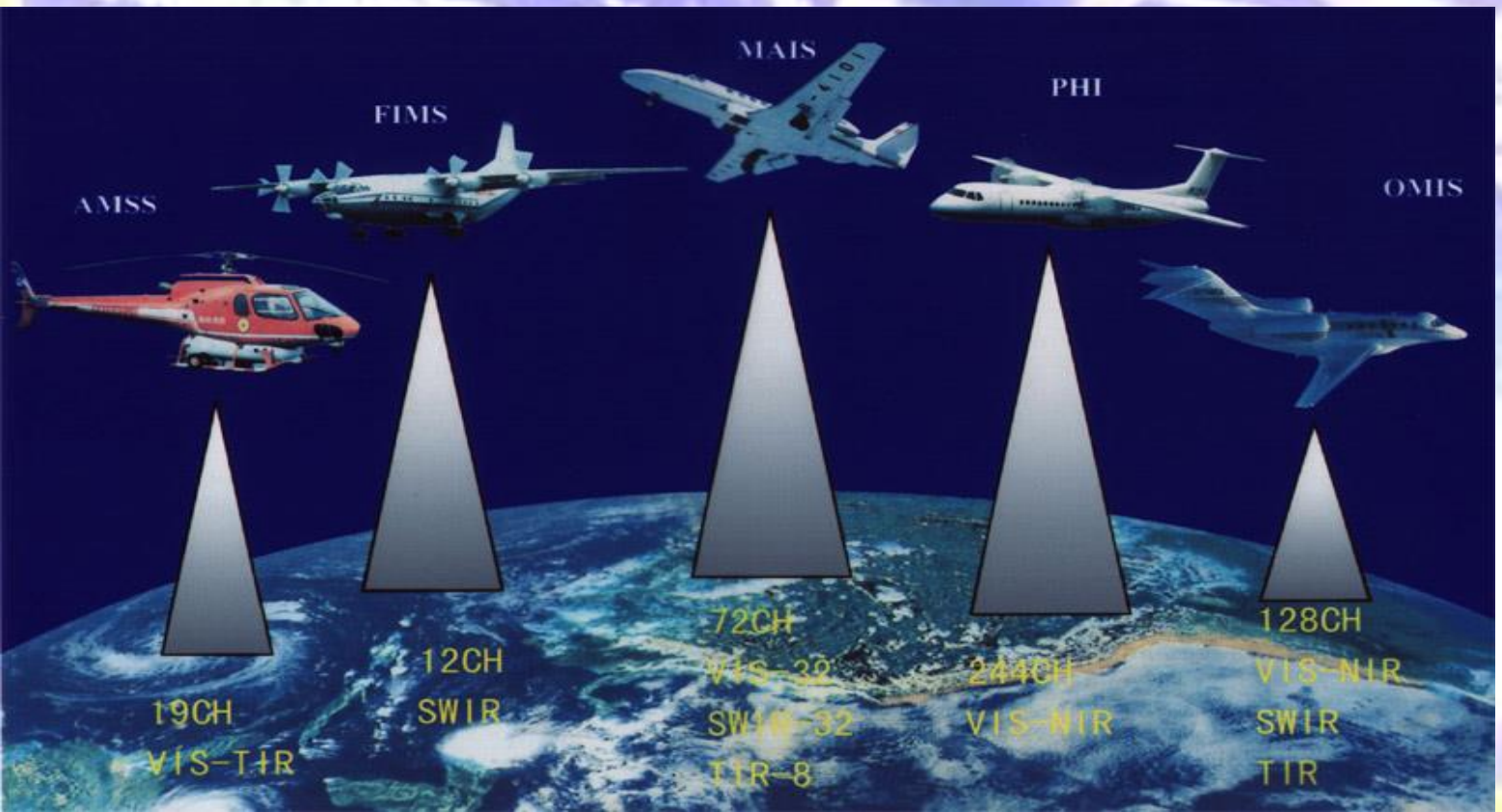
1、遥感系统的组成



三、遥感技术系统

1.1 遥感平台

遥感平台是指安置传感器的运载工具。常用的遥感平台有卫星、飞机、气球等；当在地面试验时，还会用到地面象三角架这样简单的遥感平台。



三、遥感技术系统

1.1 遥感平台

遥感平台	高度	目的·用途	其它
静止卫星	36,000km	定点地球观测	气象卫星
圆轨道卫星（地球观测卫星）	500km—1,000km	定期地球观测	Landsat SPOT MOS等
小卫星	400km左右	各种调查	
	240km	不定期地球	

三、遥感技术系统
1.1 遥感平台

中低高度飞机	500—8,000m	各种调查航空摄影测量	
飞艇	500—3,000m	空中侦察各种调查	
直升机	100—2,000m	各种调查摄影测量	
无线遥控飞机	500m以下	各种调查摄影测量	飞机直升机
牵引飞机	50—500m	各种调查摄影测量	牵引滑翔机
系留气球	800以下	各种调查	
索道	10—40m	遗址调查	
吊车	5—50m	近距离摄影测量	

三、遥感技术系统

1.2 遥感传感器

(1)概念及原理

传感器是指不与物体直接接触，便能得知物体的属性情况的仪器设备或器官。如：眼、耳、鼻等传感器官，照相机、摄影机等传感器。

遥感传感器能把电磁辐射按照一定的规律转换为原始图像。

原始图像被地面站接收后，经过一系列复杂的处理，才能提供给不同的用户使用，他们才能用这些处理过的影像开展自己的工作。

针对不同的应用和波段范围，人们已经研究出很多种传感器。

三、遥感技术系统

1.2 遥感传感器

（2）传感器类型

摄影类型的传感器

扫描成像类型的传感器

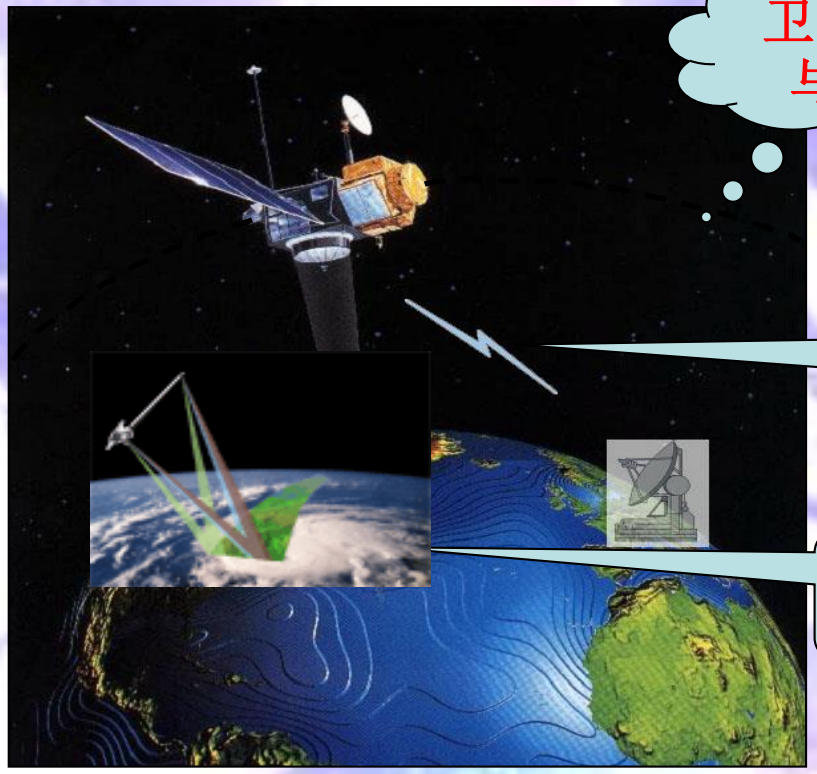
雷达成像类型的传感器

非图像类型的传感器

照相机是最古老和常用的传感器

三、遥感技术系统

1.3 遥感信息处理流程



卫星定位与定轨

遥感信息传输

遥感成像机理与模型

数据处理
(高光谱、高分辨率、雷达)

目标提取、识别与变化监测
(自动化、智能化)

多源数据融合与集成

分发

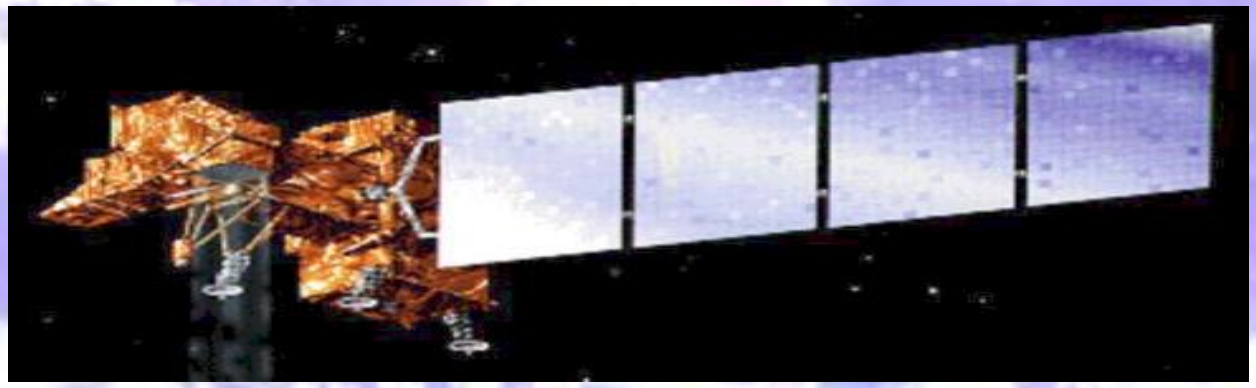
用户

三、遥感技术系统
2.资源遥感卫星

美国陆地卫星七号 (LANDSAT-7)
美国陆地卫星五号 (LANDSAT 5)
RADARSAT-1
日本JERS-1卫星
ERS卫星
CBERS-1 中巴资源卫星
法国SPOT卫星
欧空局ENVISAT卫星
QUICKBIRD卫星
伊克诺斯(IKONOS)卫星
Cartosat-1（IRS-P5）高分辨率卫星
COSMO-Skymed高分辨率雷达卫星

三、遥感技术系统

2.1美国陆地卫星七号



三、遥感技术系统

2.1美国陆地卫星七号

陆地卫星7号于1999年4月15日由美国航空航天局发射，携带了增强型主题成像传感器

卫星参数：

1）近极近环形太阳同步轨道

2）轨道高度：705公里

3）倾角:98.22°

4）运行周期：98.9分钟

5）24小时绕地球:15圈

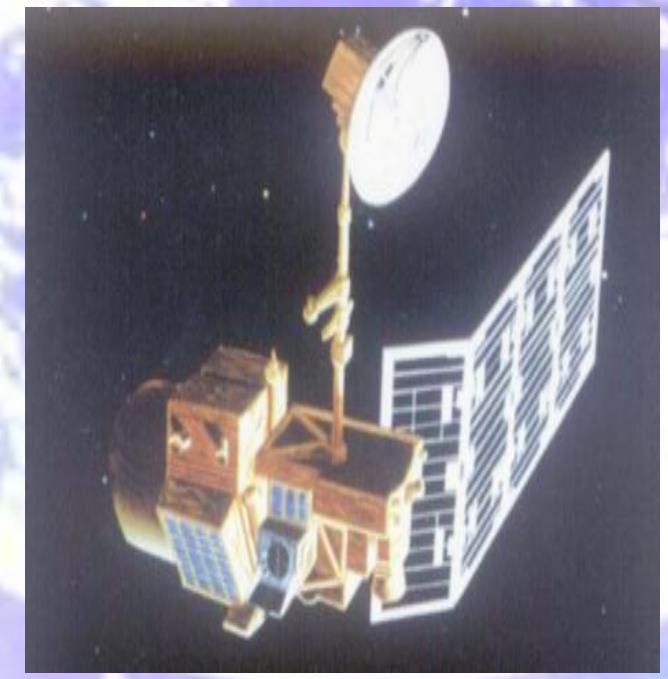
6)穿越赤道时间:上午10点

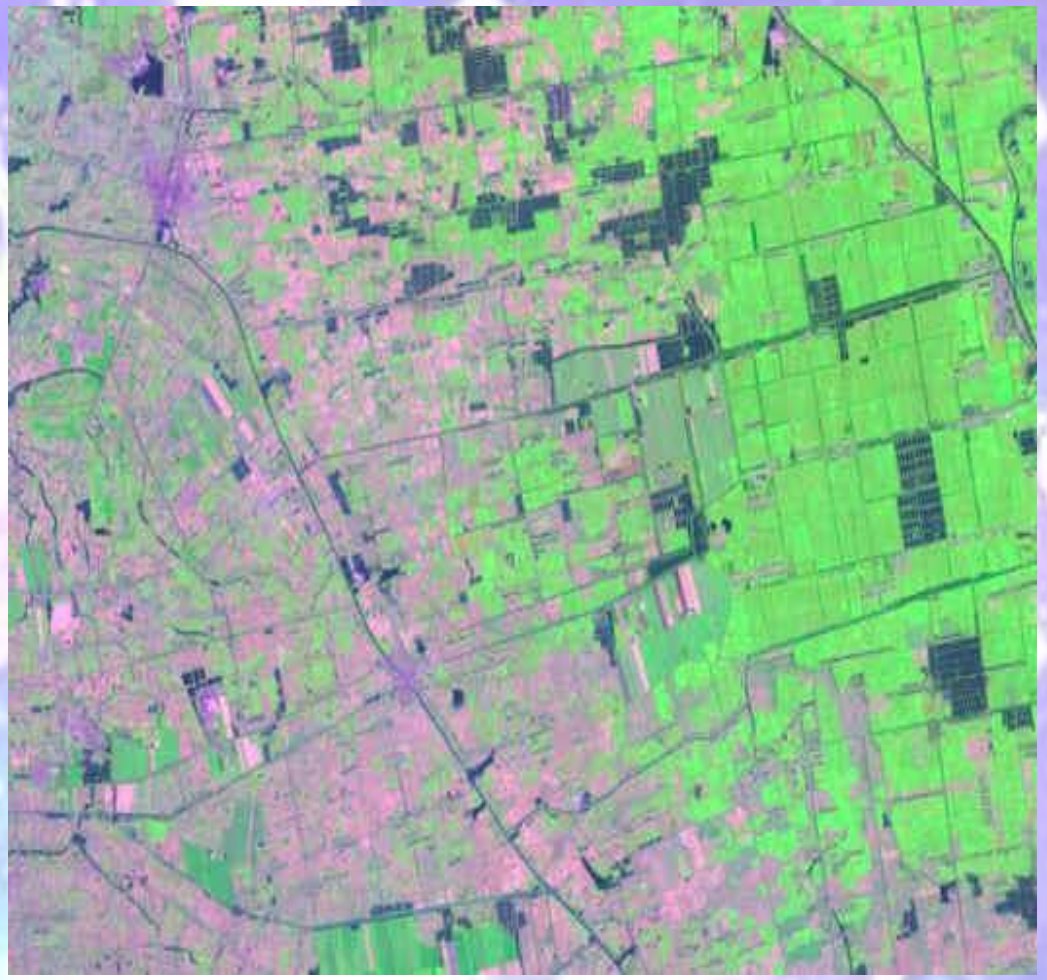
7)扫描带宽度:185公里

8)重复周期:16天 卫星绕行:233圈

波段号	类型	波谱范围	地面分辨率
1	Blue-Green	0.450-0.515	30m
2	Green	0.525-0.605	30m
3	Red	0.630-0.69	30m
4	Near IR	0.775-0.90	30m
5	SWIR	1.550-1.75	30m
6	LWIR	10.40-12.5	60m
7	SWIR	2.090-2.35	30m
8	Pan	0.520-0.90	15m

三、遥感技术系统
2.2美国陆地卫星五号





三、遥感技术系统
2.2美国陆地卫星五号

陆地卫星5号载了主题成像传感器

卫星参数：

1）近极近环形太阳同步轨道
2）轨道高度：705公里
3）倾角:98.22o
4）运行周期：98.9分钟
5）24小时绕地球:15圈
6）穿越赤道时间:上午10点
7）扫描带宽度:185公里
8）重复周期:16天 卫星绕行:233圈

波段号	波段	频谱范围μ	分辨率m
B1	Blue-Green	0.45 – 0.52	30
B2	Green	0.52 - 0.60	30
B3	Red	0.63 - 0.69	30
B4	Near IR	0.76 - 0.90	30
B5	SWIR	1.55 – 1.75	30
B6	LWIR	10.40 – 12.5	120
B7	SWIR	2.08 - 2.35	30

四、遥感技术的原理

- 遥感的理论基础是电磁辐射理论。人类通过大量的实践，发现地球上的每一个物体，都在不停地吸收、发射和反射信息和能量，其中有一种人类已经认识到的形式—电磁波。并且发现：不同物体的电磁波特性是不同的。**物体的这种对电磁波固有的特性叫做光谱特性**
- **遥感技术的基本原理就是**根据这个原理来探测地表物体对电磁波的反射和其发射的电磁波，从而提取这些物体的信息，完成远距离识别物体的过程。

四、遥感技术的原理

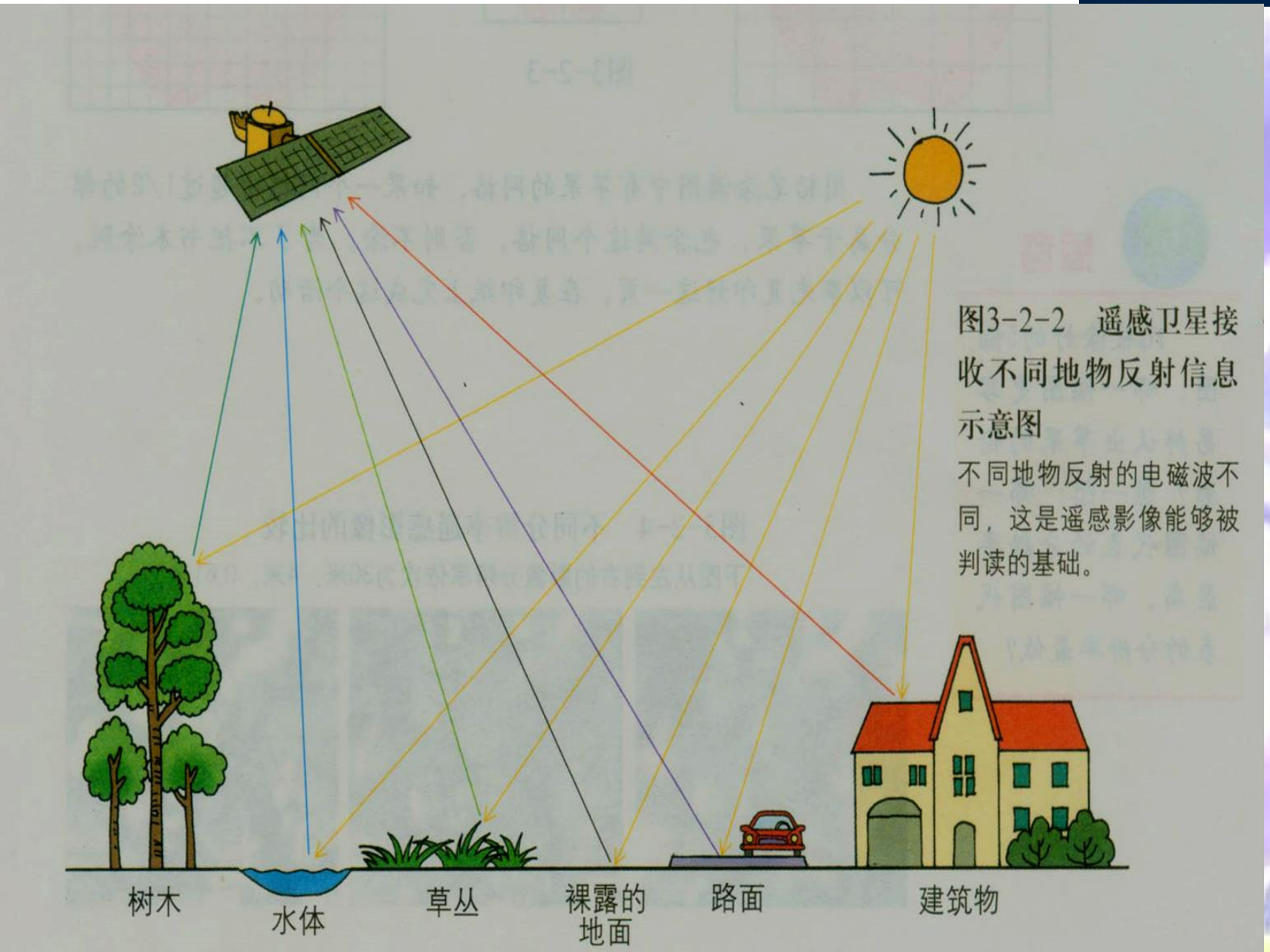


图3-2-2 遥感卫星接收不同地物反射信息示意图

不同地物反射的电磁波不同，这是遥感影像能够被判读的基础。

四、遥感技术的原理

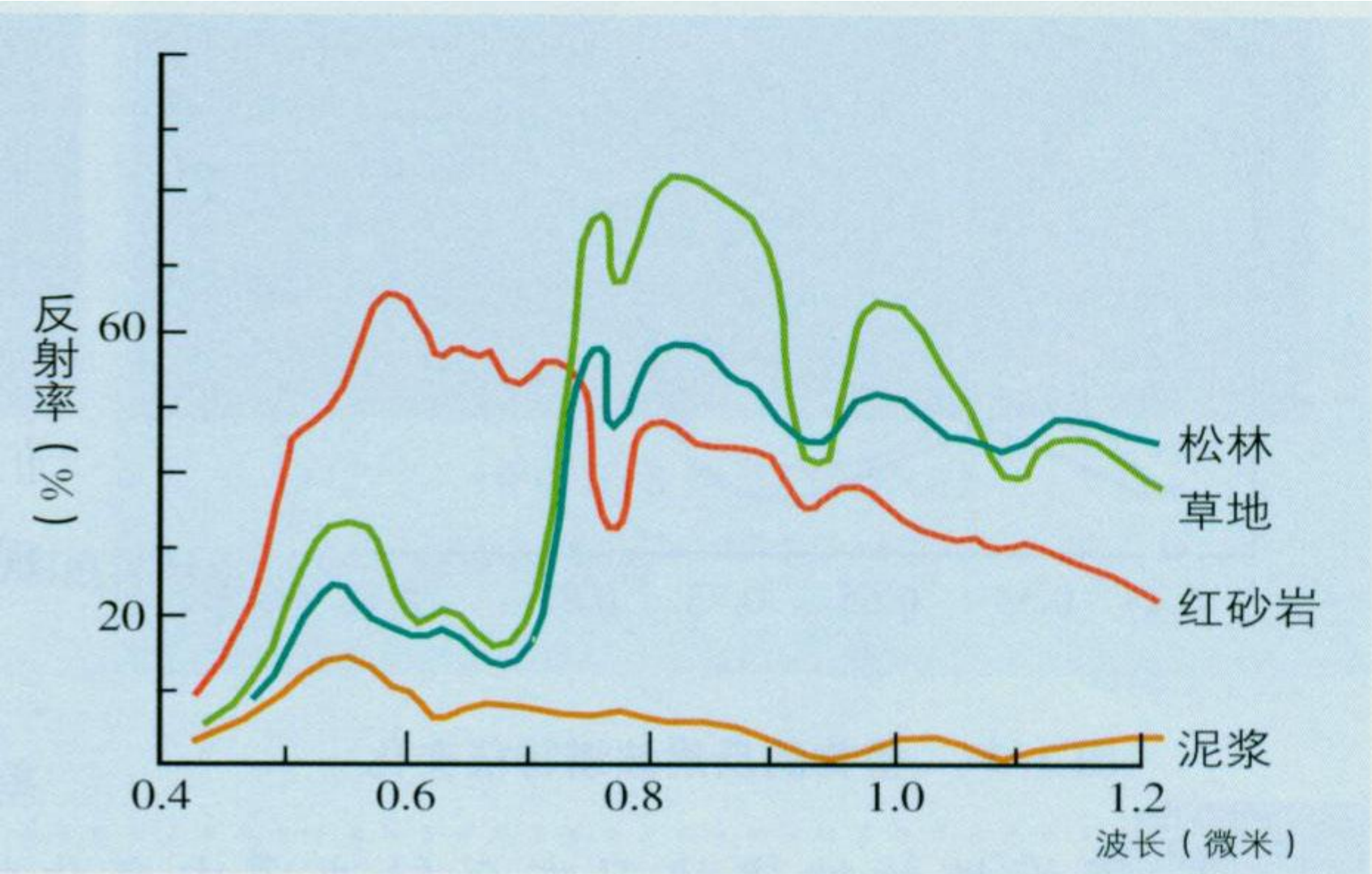
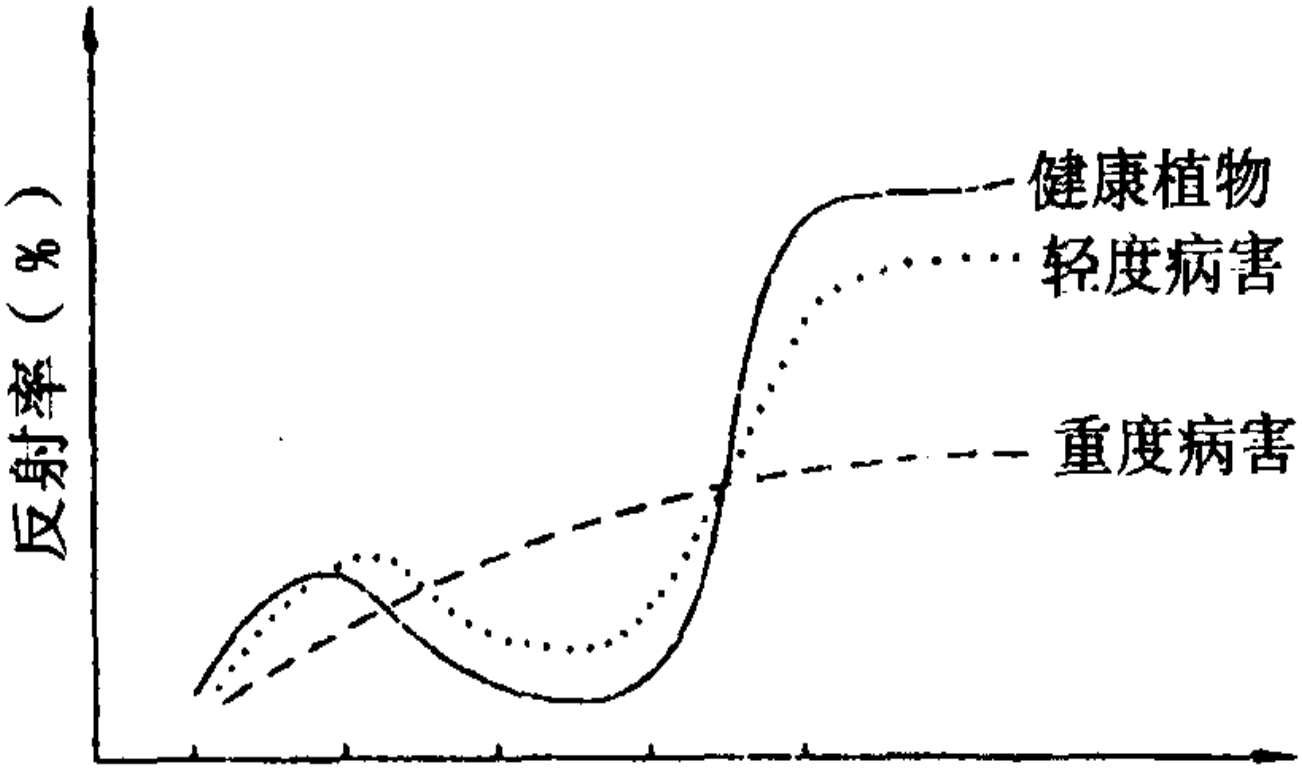
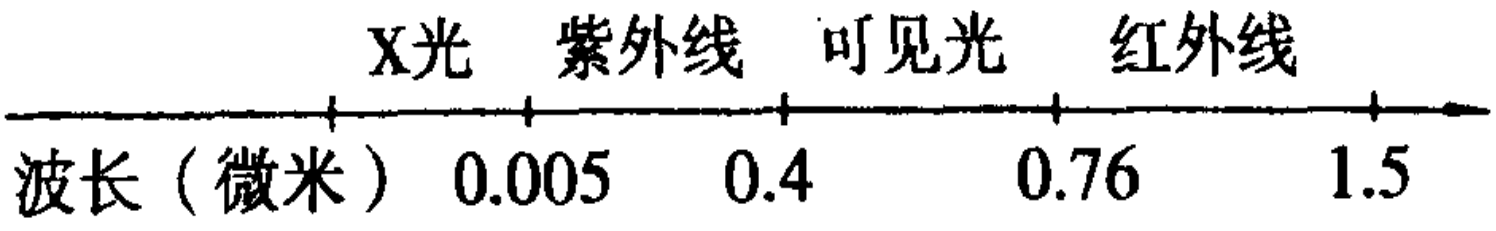


图 3-36　几种地物的反射波谱曲线

四、遥感技术的原理



植物的反射波率



五、遥感的作用

- 遥感为地球科学提供了全新的研究手段，导致了地球科学的研究范围、内容、性质和方法的巨大变化，标志着地球科学的一场革命。
- 和传统的对地观测手段相比，它的优势表现在：
  - 发展到在三维空间上定量地预测未来。遥感技术正在改变着地球科学研究的进程。

五、遥感的作用

- 提供了全球或大区域精确定位的高频度宏观影像，从而揭示了岩石圈、水圈、气圈和生物圈的相互作用和相互关系，促进了地球系统科学的诞生；
- 扩大了人的视野，从可见光发展到红外、微波等波谱范围，加深了人类对地球的了解；
- 在遥感与地理信息系统基础上建立的数学模型为定量化分析奠定了基础；
- 同时，还实现了空间和时间的转移：空间上野外部分工作转移到实验室；时间上从过去、现在的研究

五、遥感的作用

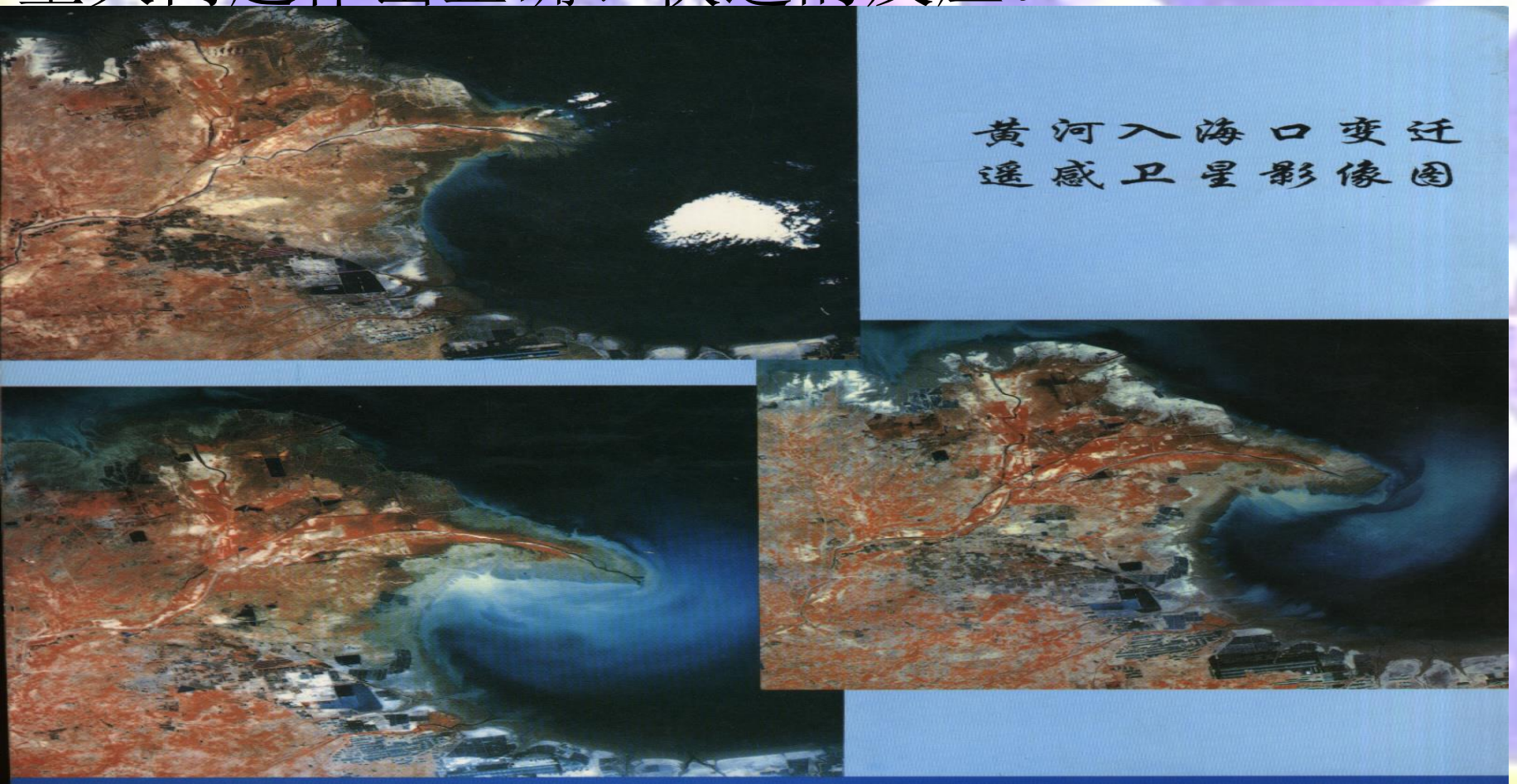
- 环境与资源是地球科学的主要应用研究领域，也是以遥感技术为核心的对地观测技术最具有应用潜力的领域之一。我国正面临着日益严重的环境与资源问题，如果处理不好，必将影响到国民经济的持续发展。遥感技术被列为国家20世纪90年代国民经济发展的35项关键技术之一。遥感技术在解决我国资源与环境问题、促进国民经济持续发展的作用是：

五、遥感的作用

（1）为制定国民经济发展计划提供资源与环境动态基础数据。

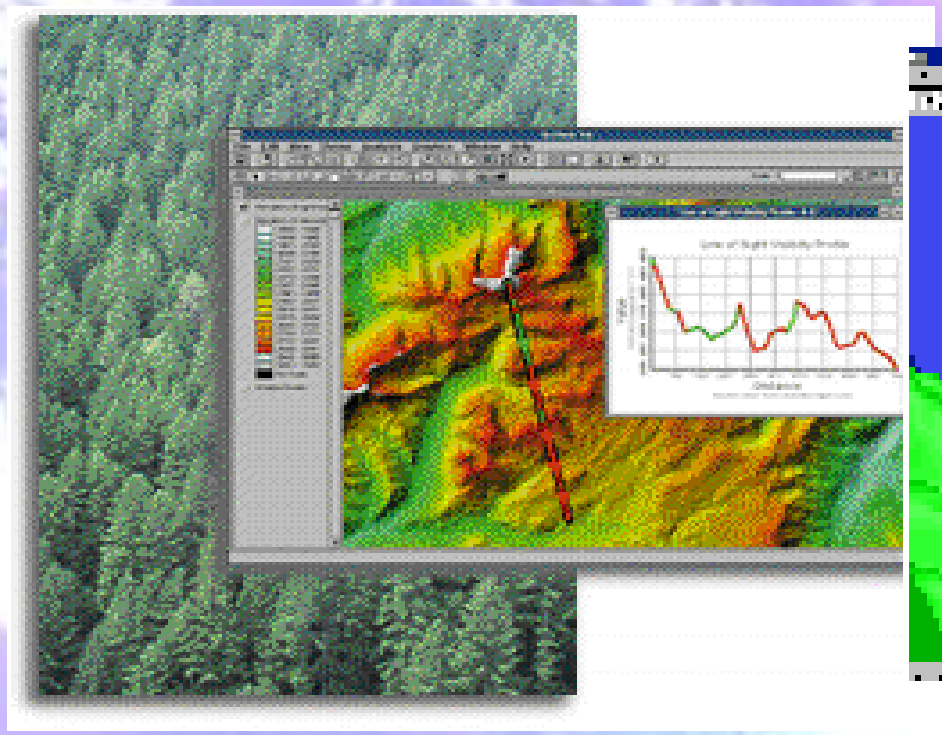
五、遥感的作用

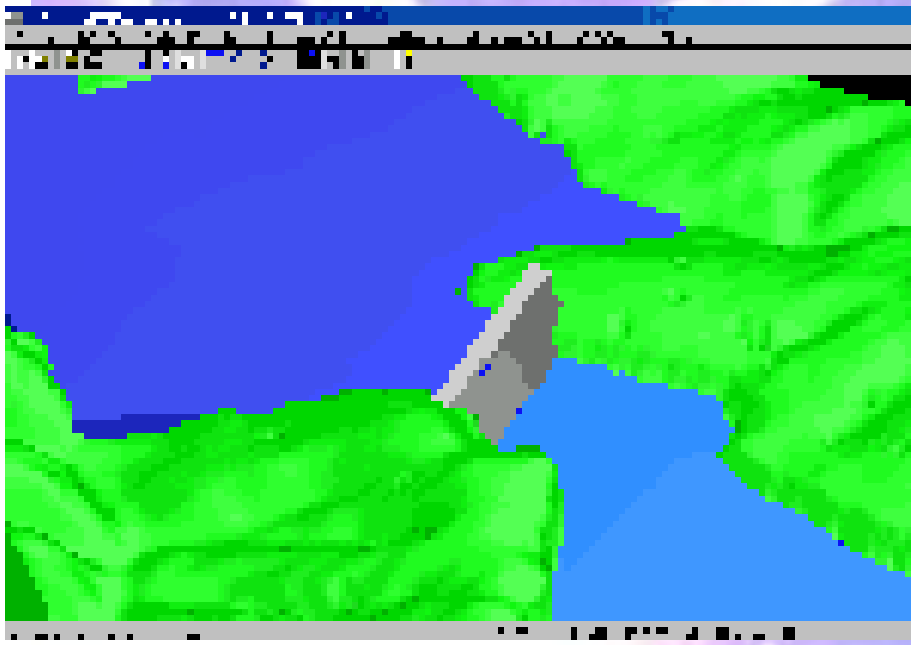
(2)为国家重大的资源、环境突发性事件提供及时准确的监测评估数据，保证国家对这些重大问题作出正确、快速的反应。



五、遥感的作用

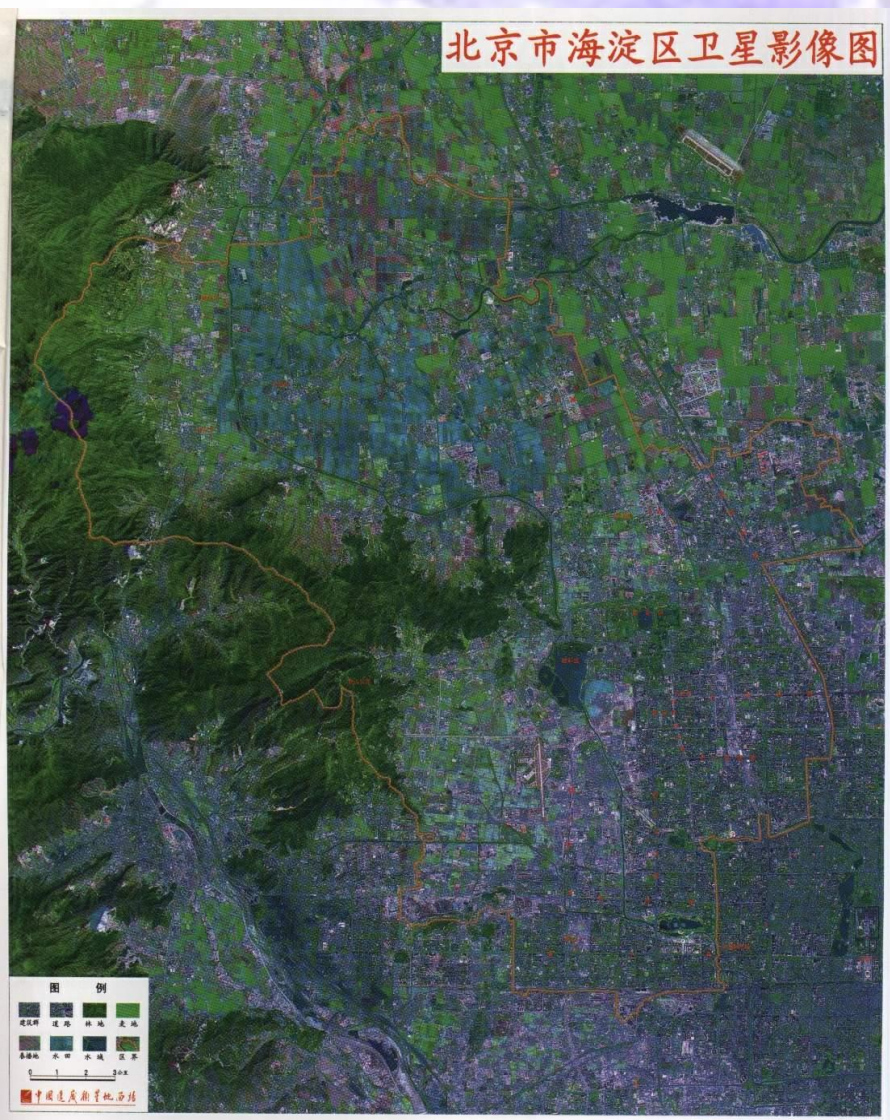
（3）生物量估测。包括农作物产量、产草量、水面初级生产力预估和评价。

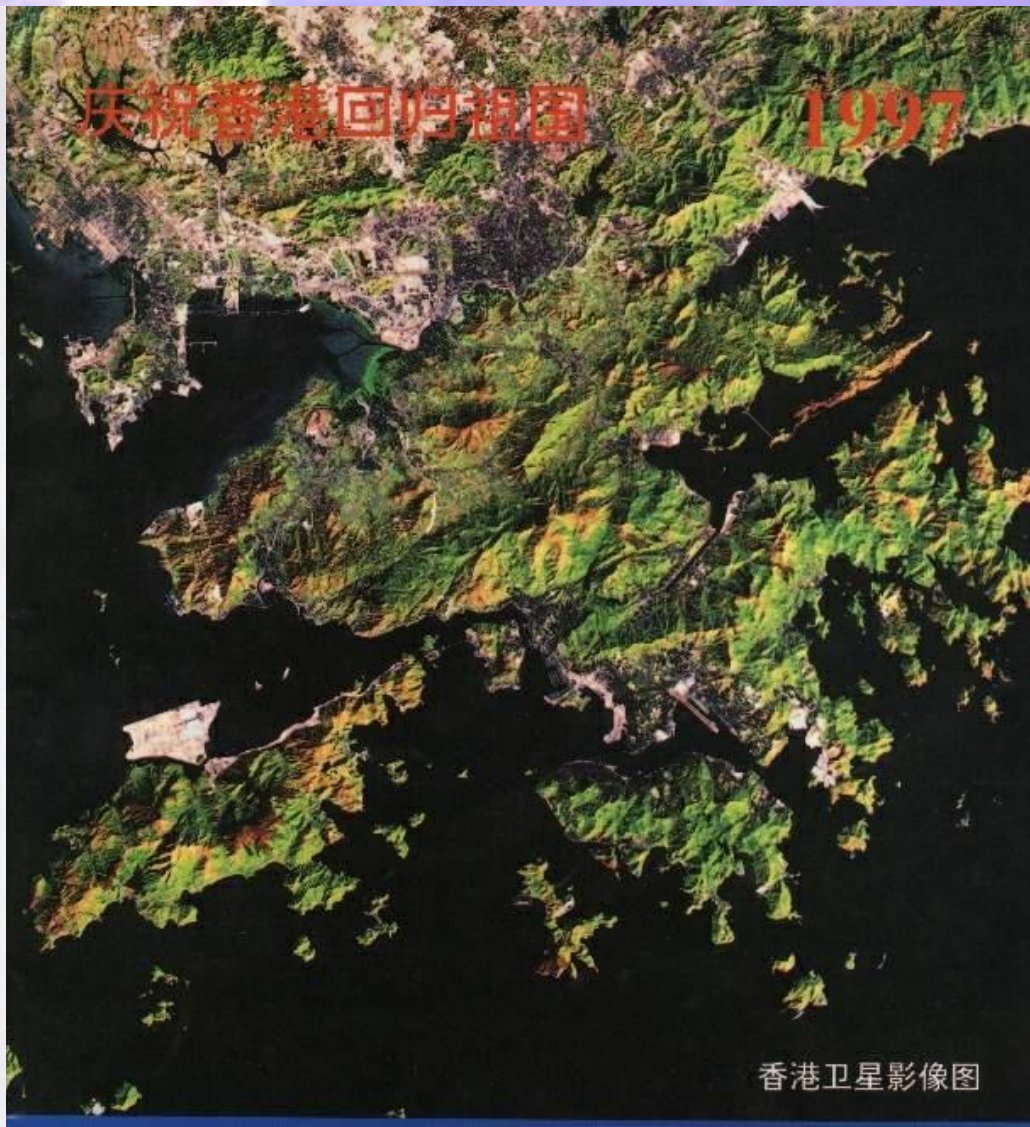




五、遥感的作用

（4）为国家的重要经济领域提供信息服务。

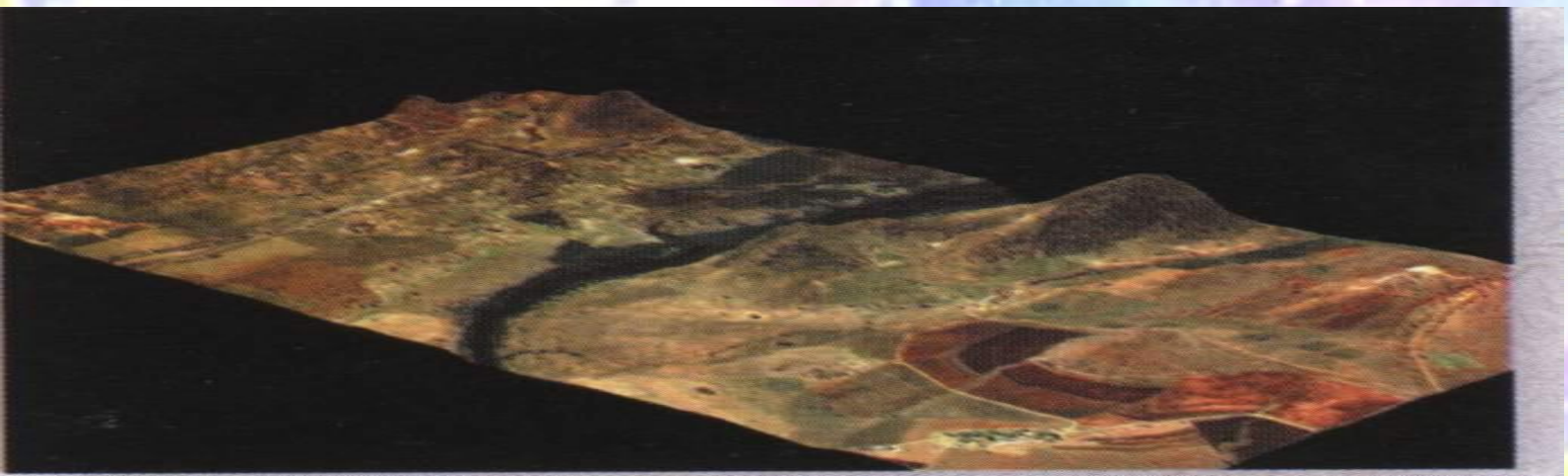




五、遥感的作用

（5）科学研究

通过对地球表面各圈层物质，即岩石圈、水圈、生物圈和大气圈物质与电磁波辐射之间相互作用所表现出来的一系列特征及其在时间和空间上的展布与延伸；通过物理基础模型的建立和地学规律的结合，数学算法及计算机信息处理技术的发展，达到深入研究地球表层物质的类型，识别属性，区分类型，分析其时空动态变化及数量的目的。



Thank you !

第五章 光谱检测技术

本章内容

- 第一节 红外光谱检测技术
- 第二节 高光谱成像检测技术
- 第三节 红外光谱检测仪的简介

第一节 红外光谱检测技术

红外光谱（IR）

当样品受到频率连续变化的红外光照射时，分子吸收了某些特定频率的辐射，并由其振动或转动运动引起偶极矩的变化，产生分子振动和转动能级从基态到激发态的跃迁,使相应于这些吸收区域的透射光强度减弱。记录红外光的百分透射比与波数或波长关系曲线，就得到红外光谱。

利用物质对红外光区电磁辐射的选择性吸收的特性来进行结构分析、定性和定量的分析方法，称红外吸收光谱法。

红外光谱法

- 1、概述
- 2、基本原理
- 3、 红外光谱分析技术的优缺点

1、概述

一、红外光的区划

红外线：波长在0.76~500μm（1000μm）范围内的电磁波

近红外区（NIR）:0.76~2.5μm（760~ 2500nm）-OH和-NH倍频吸收区

中红外区（MIR）:2.5~25μm （4000~ 400cm^{-1}）振动、伴随转动光谱

远红外区（FIR）:25~500μm　　纯转动光谱

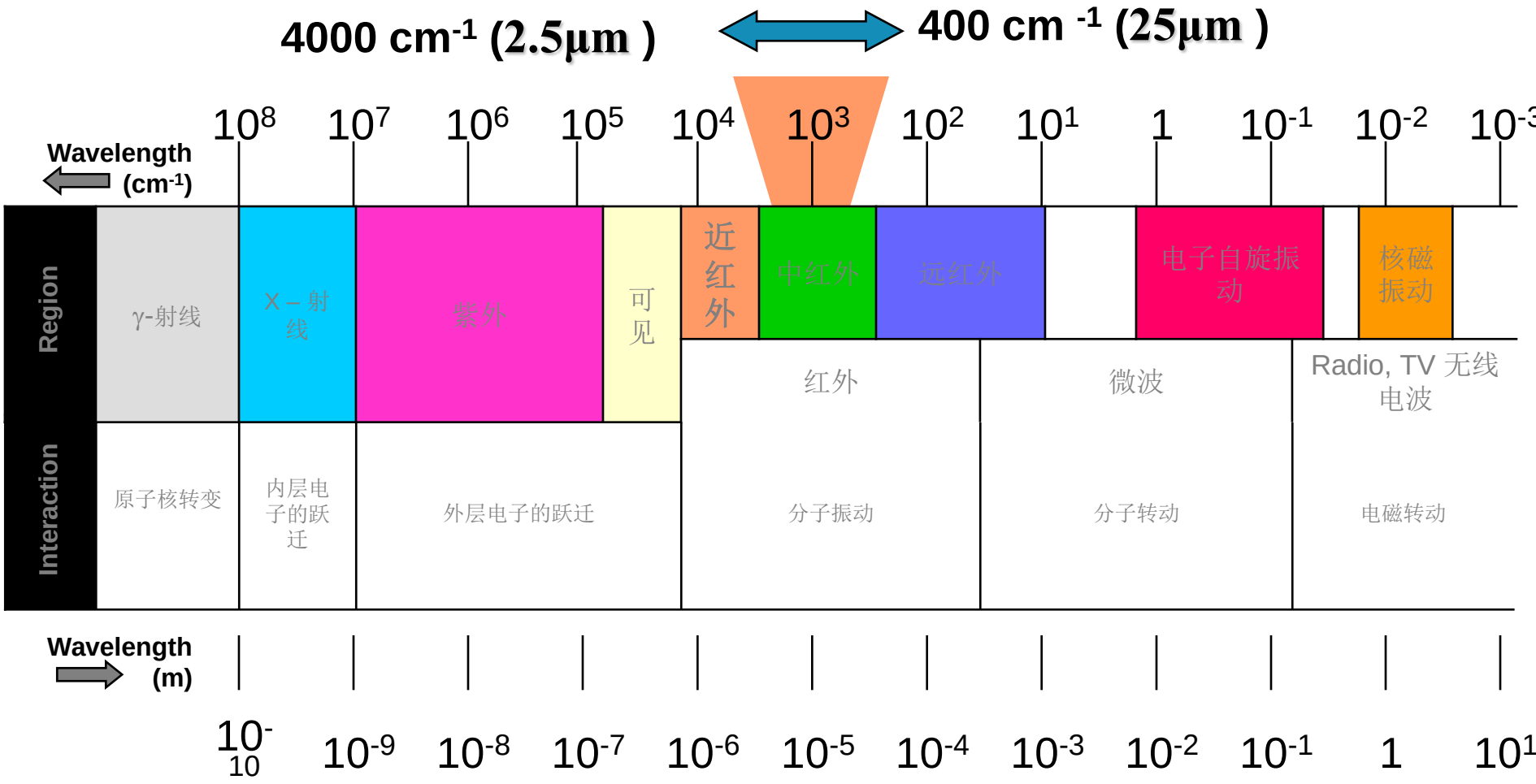
紫外-可见（UV-VIS）:190 ~900nm　　电子光谱

二、红外吸收过程

UV——分子外层价电子能级的跃迁（电子光谱）

IR——分子振动和转动能级的跃迁 （分子光谱）

谱区范围


4000 cm-1 (2.5μm)
400 cm -1 (25μm)
Wavelength (cm-1)
10^8 10^7 10^6 10^5 10^4 10^3 10^2 10^1 1 10^-1 10^-2 10^-3
Region
γ-射线
X－射线
紫外
可见
近红外
中红外
远红外
电子自旋振动
核磁振动
红外
微波
Radio, TV 无线电波
Interaction
原子核转变
内层电子的跃迁
外层电子的跃迁
分子振动
分子转动
电磁转动
Wavelength (m)
10^-10 10^-9 10^-8 10^-7 10^-6 10^-5 10^-4 10^-3 10^-2 10^-1 1 10^1

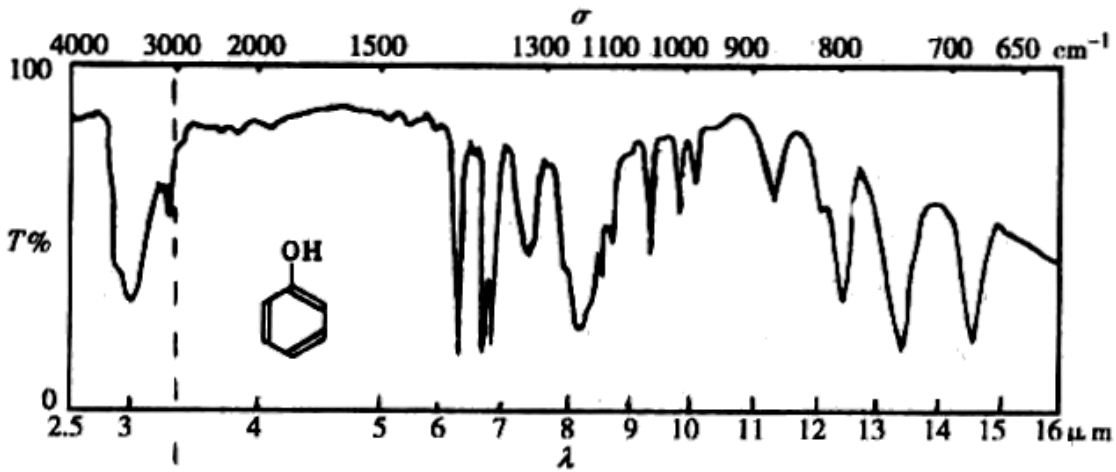
三、红外光谱的作用

绝大多数有机化合物的基频吸收带出现在MIR光区。基频振动是红外光谱中吸收最强的振动，最适于进行红外光谱的定性和定量分析。中红外光谱仪最为成熟、简单，因此它是应用极为广泛的光谱区。通常，**中红外光谱法又简称为红外光谱法。**

红外光谱是鉴别物质和分析物质化学结构的有效手段，已被广泛应用于物质的定性鉴别、物相分析和定量测定，并用于研究分子间和分子内部的相互作用。

四、红外光谱的表示方法

T-λ 曲线

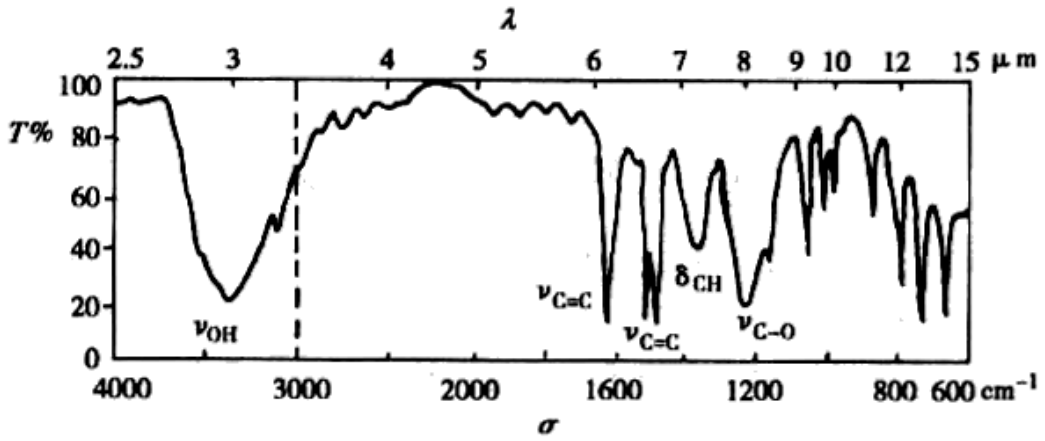


苯酚的红外棱镜光谱（T-λ 曲线）

T~λ曲线 →前密后疏

$$\sigma(cm^{-1}) = \frac{10^4}{\lambda(\mu m)}$$

T-σ 曲线



苯酚的红外光栅光谱（T-σ 曲线）

T ~σ曲线 →前疏后密

IR与UV的区别

	IR	UV
起源	分子振动能级伴随转动能级跃迁	分子外层价电子能级跃迁
适用	所有红外吸收的有机化合物	具n-π*跃迁有机化合物 具π-π*跃迁有机化合物
特征性	特征性强	简单、特征性不强
用途	鉴定化合物 鉴定官能团 推测结构	定量 推测有机化合物共轭骨架

2、红外分光光度法基本原理

红外分光光度法

——研究物质结构与红外光谱之间关系

红外光谱

——由吸收峰位置和吸收峰强度共同描述

一、红外吸收光谱的产生

二、振动形式

三、吸收特征峰与相关峰

四、吸收峰位置与强度

红外吸收光谱的产生

- 红外光谱主要由分子的振动能级跃迁产生
- 分子的振动能级差0.05 ~ 1.0eV远大于转动能级差（0.0001 ~ 0.05eV）
- 分子发生振动能级跃迁必然同时伴随转动能级跃迁

  双原子分子A-B→近似看作谐振子

  两原子间的伸缩振动→近似看作简谐振动

只有当红外辐射频率等于振动量子数的差值与分子振动频率的乘积时，分子才能吸收红外辐射，产生红外吸收光谱。

振动形式

一般将振动形式分成两类：伸缩振动和变形振动。

（1）伸缩振动

原子沿键轴方向伸缩，键长发生变化而键角不变的振动称为伸缩振动，用符号ν表示。它又可以分为对称伸缩振动（ν_s）和不对称伸缩振动（ν_{as}）。对同一基团，不对称伸缩振动的频率要稍高于对称伸缩振动。

（2）变形振动（又称弯曲振动或变角振动）

基团键角发生周期变化而键长不变的振动称为变形振动，用符号δ表示。变形振动又分为面内变形和面外变形振动。面内变形振动又分为剪式（以δ表示）和平面摇摆振动（以ρ表示）。面外变形振动又分为非平面摇摆（以ω表示）和扭曲振动（以τ表示）。

红外吸收峰

物质的红外光谱是其分子结构的反映，谱图中的吸收峰与分子中各基团的振动形式相对应。

实验表明，组成分子的各种基团，如O-H、N-H、C-H、C=C、C=OH和C≡C等，都有自己的特定的红外吸收区域，分子的其它部分对其吸收位置影响较小。

通常把这种能代表及存在、并有较高强度的吸收谱带称为基团频率，其所在的位置一般又称为特征吸收峰。

红外光谱区可分成4000 cm^{-1} ～1300 cm^{-1}、 1300 cm^{-1} ～600 cm^{-1}两个区域。

4000 cm^{-1} ～1300 cm^{-1} 之间，称为基团频率区、官能团区或特征区。区内的峰是由伸缩振动产生的吸收带，比较稀疏，容易辨认，常用于鉴定官能团（最有分析价值）。

1300 cm^{-1} ～600 cm^{-1} 区域内，除单键的伸缩振动外，还有因变形振动产生的谱带。这种振动与整个分子的结构有关。当分子结构稍有不同时，该区的吸收就有细微的差异，并显示出分子特征。这种情况就像人的指纹一样，因此称为指纹区。（作为化合物存在某种基团的旁证）

特征区（官能团区）分为三个区域：

（1）4000 ~2500 cm^{-1} X-H伸缩振动区

（X可以是O、H、C或S等原子）

O-H基的伸缩振动出现在3650 ~3200 cm^{-1} 范围内，它可以作为判断有无醇类、酚类和有机酸类的重要依据。羟基化合物产生缔合现象，O-H基的伸缩振动吸收峰向低波数方向位移，在3400 ~3200 cm^{-1} 出现一个宽而强的吸收峰。胺和酰胺的N-H伸缩振动也出现在3500~3100 cm^{-1} ，因此，可能会对O-H伸缩振动有干扰。

C-H的伸缩振动可分为饱和和不饱和的两种。饱和的C-H伸缩振动出现在3000 cm^{-1}以下，约3000~2800 cm^{-1} ，取代基对它们影响很小；不饱和的C-H伸缩振动出现在3000 cm^{-1}以上，以此来判别化合物中是否含有不饱和的C-H键；苯环的C-H键伸缩振动出现在3030 cm^{-1}附近，它的特征是强度比饱和的C-H浆稍弱，但谱带比较尖锐。

2）2500~1900 为叁键和累积双键区。

主要包括-C≡C、 -C≡N等等叁键的伸缩振动，以及-C=C=C、-C=C=O等累积双键的不对称性伸缩振动。

对于炔烃类化合物，可以分成R-C≡CH和R′-C ≡C-R两种类型， R-C≡CH的伸缩振动出现在2100~2140 cm^{-1}附近；R′-C ≡C-R出现在2190~2260 cm^{-1}附近；-C ≡N基的 伸缩振动在非共轭的情况下出现在2240~2260 cm^{-1}附近。当与不饱和键或芳香核共轭时，该峰位移到2220~2230 cm^{-1}附近。

（3）1900~1200 cm^{-1}为双键伸缩振动区

该区域重要包括三种伸缩振动：

① C=O伸缩振动：出现在1900~1650 cm^{-1} ，是红外光谱中很特征的且往往是最强的吸收，以此很容易判断酮类、醛类、酸类、酯类以及酸酐等有机化合物。酸酐的羰基吸收带由于振动耦合而呈现双峰。

② C=C伸缩振动：烯烃 的C=C伸缩振动出现在1680~1620 cm^{-1} ，一般很弱；单核芳烃的C=C伸缩振动出现在1600 cm^{-1}和1500 cm^{-1}附近，有两个峰，这是芳环的骨架结构，用于确认有无芳核的存在。

③ 苯的衍生物的泛频谱带：出现在2000~1650 cm^{-1}范围，是C-H面外和C=C面内变形振动的泛频吸收，虽然强度很弱，但它们的吸收面貌在表征芳核取代类型上是有用的。

指纹区

1、 1300～900 cm^{-1}区域

C-O、C-N、C-F、C-P、C-S、 P-O、Si-O等单键的伸缩振动和C=S、S=O、P=O等双键的伸缩振动吸收。其中≈1375 cm^{-1}的谱带为甲基的δ_{C-H}对称弯曲振动，对识别甲基十分有用，C-O的伸缩振动在1300~1000 cm^{-1} ，是该区域最强的峰，也较易识别。

2、900～650 cm^{-1}区域

某些吸收峰可用来确认化合物的顺反构型。烯烃的=C-H面外变形振动出现的位置，很大程度上决定于双键的取代情况。对于$RCH=CH_2$结构，在990 cm^{-1}和910 cm^{-1}出现两个强峰；为RC=CRH结构是，其顺、反构型分别在690 cm^{-1}和970 cm^{-1}出现吸收峰，可以共同配合确定苯环的取代类型。

吸收峰类型

分子吸收红外辐射后，由基态振动能级（ν=0）跃迁至第一振动激发态（ν=1）时，所产生的吸收峰称为基频峰。

在红外吸收光谱上除基频峰外，还有振动能级由基态（ν=0）跃迁至第二激发态（ν=2）、第三激发态（ν=3）…，所产生的吸收峰称为倍频峰。在倍频峰中，二倍频峰还比较强。三倍频峰以上，因跃迁几率很小，一般都很弱，常常不能测到。倍频峰、合频峰和差频峰统称为泛频峰

吸收峰的数量与振动的自由度有关。振动的自由度指分子独立的振动数目，或基本的振动数目。

分子自由度 = 平动自由度 + 转动自由度 + 振动自由度 = $3N$

分子振动自由度 = $3N$ −（平动自由度 + 转动自由度）

非线性分子：$F = 3N - 6$

线性分子：$F = 3N - 5$

✓ 注：

- 振动自由度反映吸收峰数量
- 并非每个振动都产生基频峰
- 吸收峰数常少于振动自由度数

吸收谱带的强度

红外吸收谱带的强度取决于分子振动时偶极矩的变化，而偶极矩与分子结构的对称性有关。振动的对称性越高，振动中分子偶极矩变化越小，谱带强度也就越弱。

一般地，极性较强的基团（如C=0，C-X等）振动，吸收强度较大；极性较弱的基团（如C=C、C-C、N=N等）振动，吸收较弱。

红外光谱的吸收强度一般定性地用很强（vs）、强（s）、中（m）、弱（w）和很弱（vw）等表示。

3、 红外光谱分析技术的优缺点

优点：

（1）快速，通常30秒内就可给出分析结果，可进行在线分析；

（2）制样简单；

（3）信息量大，可同时测定多组分；

（4）经定标建模后，无须用其他常规化学分析手段，不使用有毒有机　试剂，无污染；

（5）非破坏性分析，可实现产品的无损质量检测；

（6）可使用光纤，从而可实现远程分析检测。

缺点：

（1）建立模型需要大量有代表性且化学值已知的样品；

（2）模型需要不断的维护改进 ；

（3）近红外测定精度与参比分析精度直接相关，在参比方法精度不够的情况下，无法得到满意结果。

第二节 高光谱成像检测技术

一、高光谱成像技术的简介

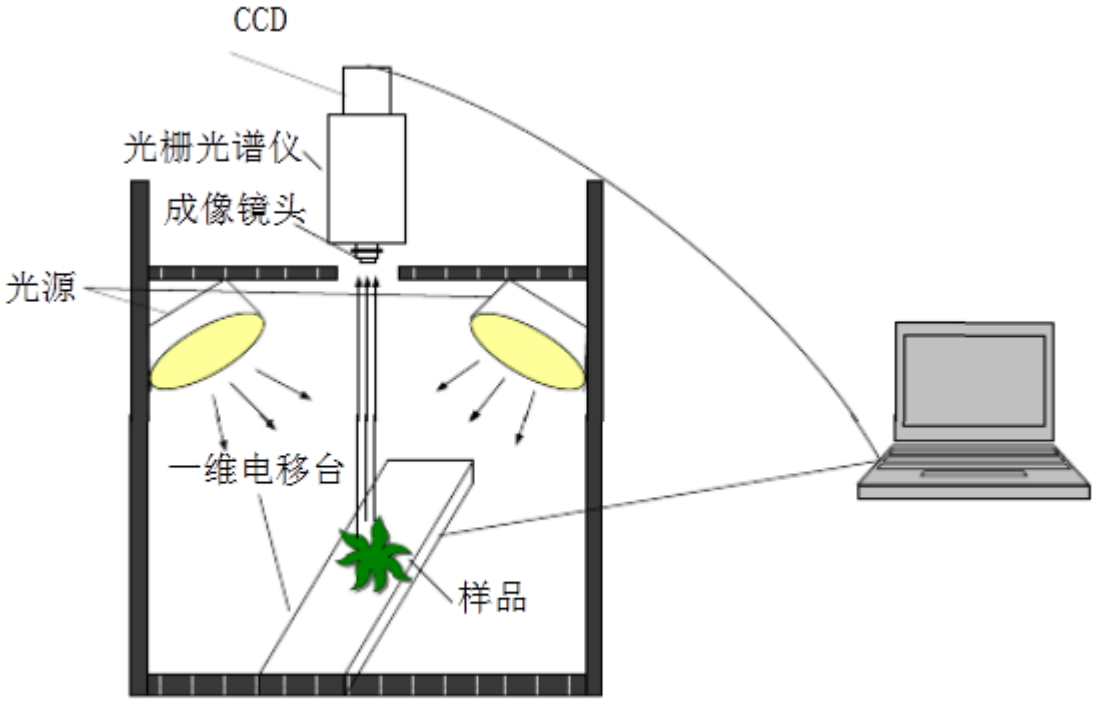
高光谱成像技术是近二十年来发展起来的基于非常多窄波段的影像数据技术，其最突出的应用是遥感探测领域，并在越来越多的民用领域有着更大的应用前景。它集中了光学、光电子学、电子学、信息处理、计算机科学等领域的先进技术，是传统的二维成像技术和光谱技术有机的结合在一起的一门新兴技术。

高光谱成像技术的定义是在多光谱成像的基础上，在从紫外到近红外（200-2500nm）的光谱范围内，利用成像光谱仪，在光谱覆盖范围内的数十或数百条光谱波段对目标物体连续成像。在获得物体空间特征成像的同时，也获得了被测物体的光谱信息。

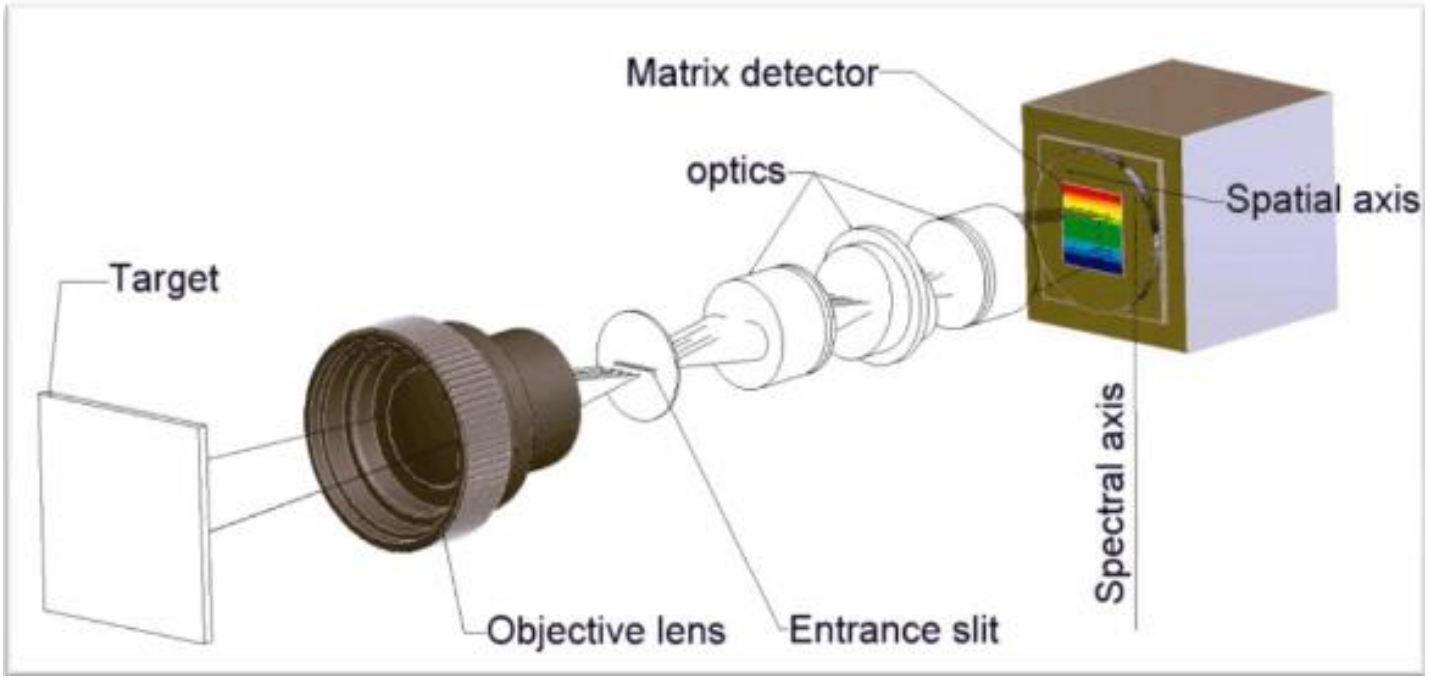
高光谱成像技术具有超多波段（上百个波段）、高的光谱分辨率（几个nm）、波段窄（≤10-2λ）、光谱范围广（200-2500nm）和图谱合一等特点。优势在于采集到的图像信息量富，识别度较高和数据描述模型多。由于物体的反射光谱具有“指纹”效应，不同物不同谱，同物一定同谱的原理来分辨不同的物质信息。

二、高光谱成像系统的组成和成像原理

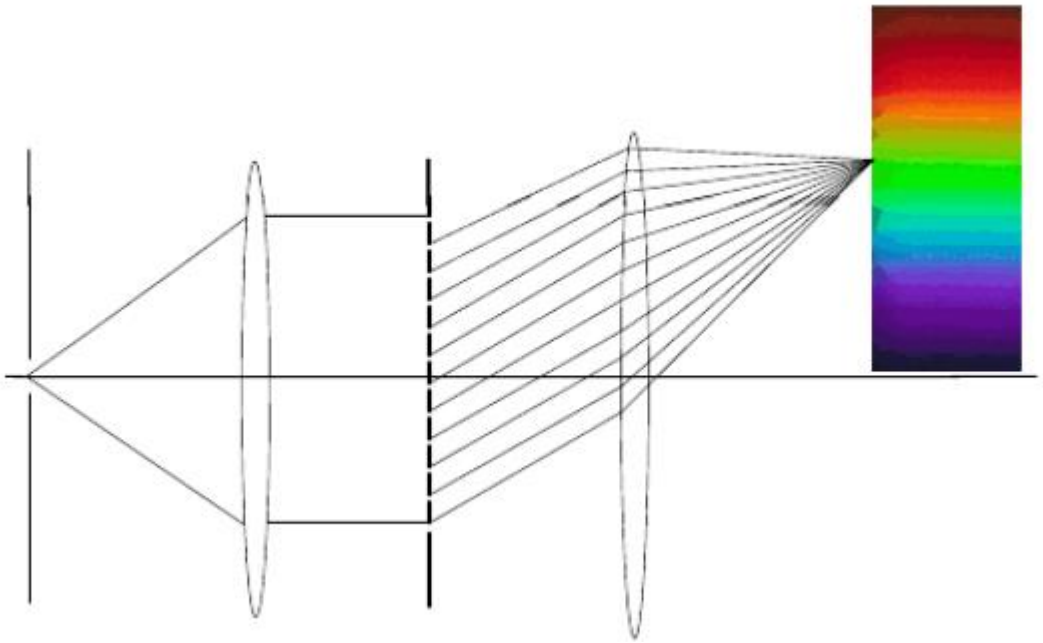
高光谱成像技术的硬件组成主要包括光源、光谱相机（成像光谱仪+CCD）、装备有图像采集卡的计算机。光谱范围覆盖了200-400nm、400-1000nm、900-1700 nm、1000-2500 nm。



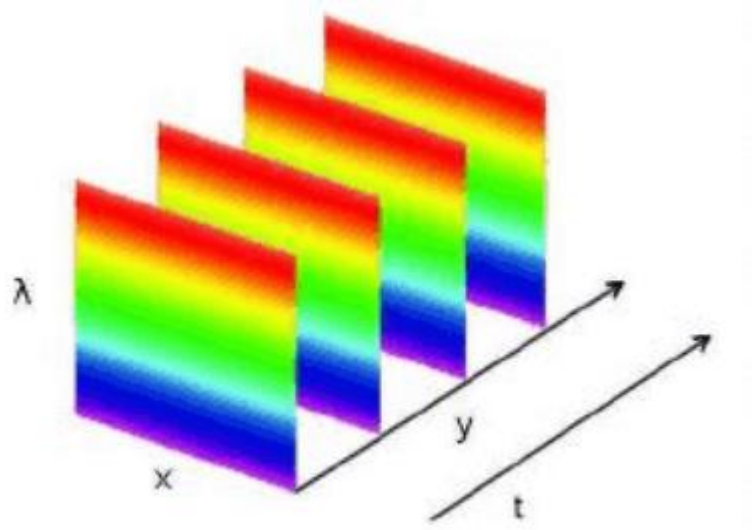
光谱相机的主要组成部分有：准直镜、光栅光谱仪、聚焦透镜、面阵CCD。



高光谱成像仪的扫描过程：面阵CCD探测器在光学焦面的垂直方向上做横向排列完成横向扫描（X方向），横向排列的平行光垂直入射到透射光栅上时，形成光栅光谱。这是一列像元经过高光谱成像仪在CCD上得到的数据。它的横向是X方向上的像素点，即扫描的一列像元；它的纵向是各像元所对应的光谱信息。



同时，在检测系统输送带前进的过程中，排列的探测器扫出一条带状轨迹从而完成纵向扫描（Y方向）。



综合横纵扫描信息就可以得到样品的三维高光谱图像数据。

三、高光谱成像系统的应用

1、在农业中的应用

检测水果的产量、破损和坚实度等方面。食品安全检测，包括农药残留，病虫害分析，糖度、成分的测量。肉类畜产品的检测方向主要包括皮肤肿瘤、表面污染物、嫩度、颜色、滴水损失、pH值、胴体大理石花纹和预测肉的食用品质、细菌总数等。对茶叶的等级进行分类，根据茶叶中的水分含量对不同年份的茶叶进行鉴别。小麦，玉米，大豆，水稻等粮食作物的产量和水分研究。也可检测种子水分、物质含量等。

2、在地物检测方面的应用

土壤中金属污染的检测，可应用于考古的土质探测分析，分辨各朝代的土壤。矿石种类分析，对岩矿进行分类、填图和地质勘查，快速实时的分类岩芯。水体泥沙含量，水质监测，赤潮，水体富营养化。森林覆盖，病虫害，植被覆盖面积。洪涝灾害预测等。

3、在刑事侦查方面的应用

分析鉴定数字和签字的修改和涂覆，鉴别文件的真伪，以及对指纹，血迹的鉴定。

4、药品成分检测

可分析出药品的配比，混合均匀性等。

5、在艺术品鉴定中的应用

对油画、国画、壁画等艺术品的真伪鉴别，分析画作成分以利于文物修复等。

6、在医疗诊断中的应用

器官、手臂、足部等生物体的检测，快速准确的发现表皮病变，例如牙病、
舌苔的检查等。

第三节 红外光谱检测仪的简介

红外分光光度计分为色散型和付里叶变换型两种。

色散型主要由光源、单色器（通常为光栅）、样品室、检测器、记录仪、控制和数据处理系统组成。

目前主要有Fourier变换红外光谱仪（FTIR）

Fourier变换 红外光谱仪 没有色散元件，主要由光源（硅碳棒、高压汞灯）、Michelson干涉仪、检测器、计算机和记录仪组成。核心部分为Michelson干涉仪，它将光源来的信号以干涉图的形式送往计算机进行Fourier变换的数学处理，最后将干涉图还原成光谱图。它与色散型红外光度计的主要区别在于干涉仪和电子计算机两部分。

下面是一些公司的产品和一些光谱仪的型号：

- Bruker公司：

  Bruker Tensor 27 、Tensor 37 型傅里叶变换中/近红外分光光度计
- Nicolet公司：

  550Ⅱ型、 560 型、 Avatar 360型、NEXUS型、 EQUINOX 55 型傅里叶变换红外分光光度计
- Bio-Rad 公司：

  FTS-135 型、 FTS-165 型、 FIS-7R 型傅里叶变换红外分光光度计
- PE公司：

  PE -1650型、 PE 983 G型红外分光光度计
- 岛津公司：

  IR Prestige-21 型、 FT\IR 8101 型、FTIR-8201 PC 型傅里叶变换红外分光光度计
- 天光 TJ270-30型红外分光光度计（国产）

红外光谱仪的组成

1．光源

红外光谱仪中所用的光源通常是一种惰性固体，同电加热使之发射高强度的连续红外辐射。常用的是Nernst灯或硅碳棒。

2．吸收池

因玻璃、石英等材料不能透过红外光，红外吸收池要用可透过红外光的NaCl、KBr、CsI、KRS-5（TlI 58%，TlBr42%）等材料制成窗片。用NaCl、KBr、CsI等材料制成的窗片需注意防潮。固体试样常与纯KBr混匀压片，然后直接进行测定。

3. 单色器（色散型红外光谱仪）

单色器由色散元件、准直镜和狭缝构成。

色散元件常用复制的闪耀光栅。由于闪耀光栅存在次级光谱的干扰，因此，需要将光栅和用来分离次光谱的滤光器或前置棱镜结合起来使用。

4. 检测器

常用的红外检测器有高真空热电偶、热释电检测器和碲镉汞检测器。

5. 记录系统

Fourier变换红外光谱仪的特点：

（1）扫描速度极快

Fourier变换仪器是在整扫描时间内同时测定所有频率的信息，一般只要1s左右即可。因此，它可用于测定不稳定物质的红外光谱。而色散型红外光谱仪，在任何一瞬间只能观测一个很窄的频率范围，一次完整扫描通常需要8、15、30s等。

（2）具有很高的分辨率

通常Fourier变换 红外光谱仪分辨率达0.1~0.005 cm^{-1}，而一般棱镜型的仪器分辨率在1000 cm^{-1}处有3 cm^{-1} ，光栅型红外光谱仪分辨率也只有0.2cm^{-1} 。

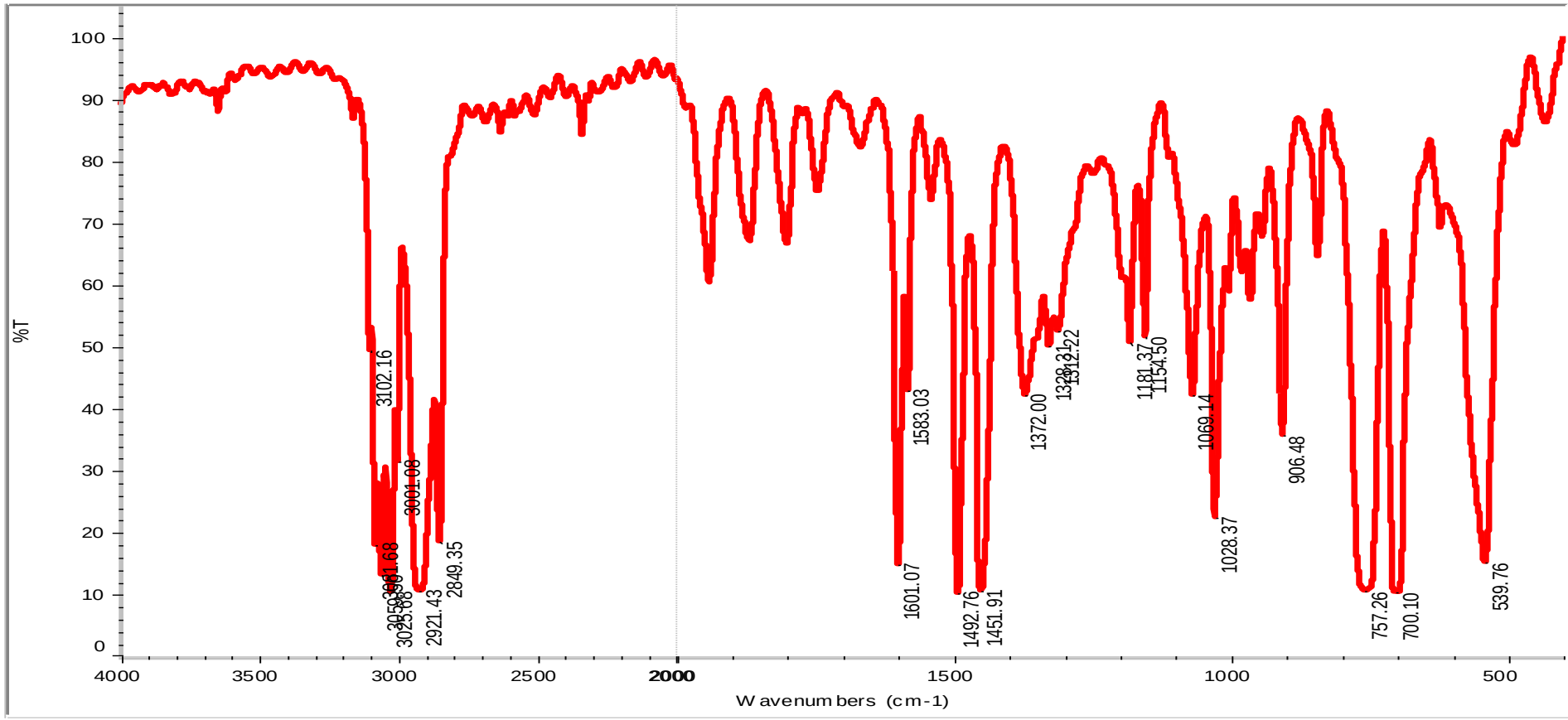
（3）灵敏度高

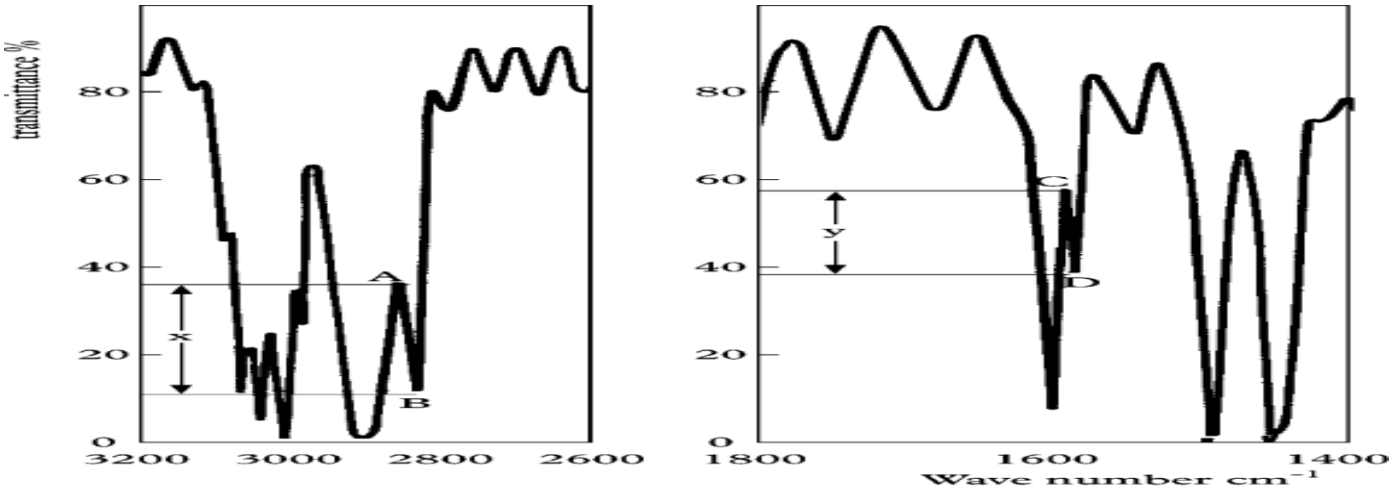
因Fourier变换 红外光谱仪 不用狭缝和单色器，反射镜面又大，故能量损失小，到达检测器的能量大，可检测10^{-8}g数量级的样品。

仪器的校正与检定

- 应对仪器定期进行校正检定
- 色散型应符合JJG681-90有关规定；付里叶变换型应参照药典和JJG681-90有关规定
- 主要指标:波数准确度、 波数重现性、分辨率， 另外有100%线平直度,杂散光,透光率准确度等

用聚苯乙烯薄膜（50μm）对仪器进行波长准确度、重现性和分辨率校正检定。





- 波数准确度　　常用聚苯乙烯膜光谱特定吸收峰：3027.1　2850.7

  1944.0　1801.6　1601.4　1583.1　1154.3　1028.0　906.7 cm^{-1}

- 付里叶变换型　波长准确度 3000 cm^{-1}为±5 cm^{-1}

  1000 cm^{-1}为±1 cm^{-1}

- 色散型　　波长准确度 3000 cm^{-1}为±8 cm^{-1}

  1000 cm^{-1}为±4 cm^{-1}

- 波数重现性　　用聚苯乙烯膜测定3～5次，应符合规定

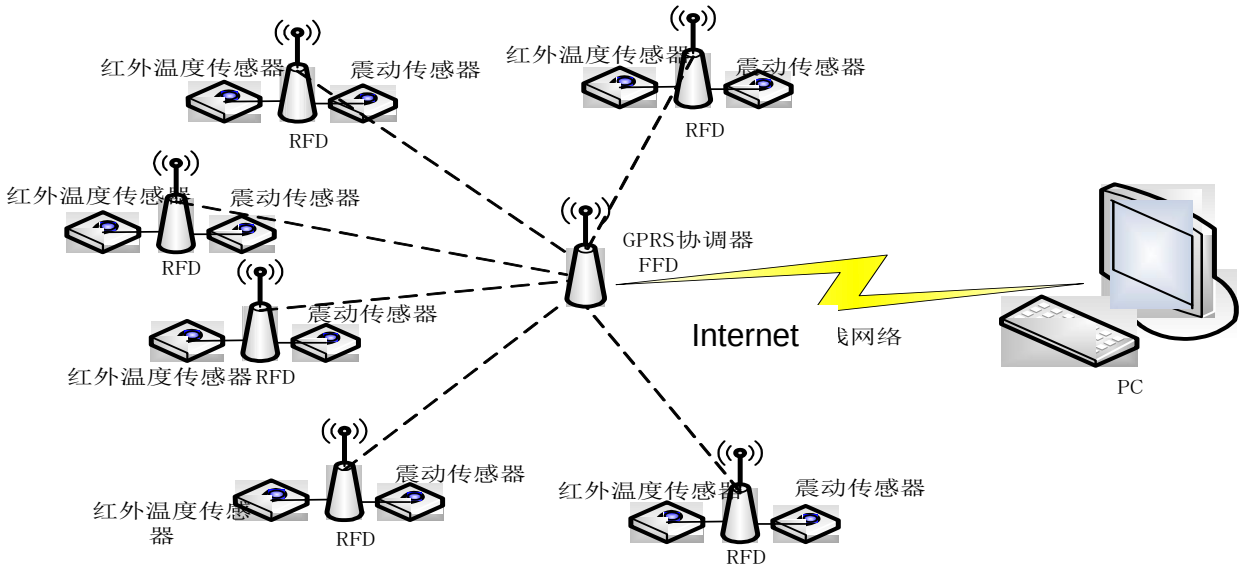
- 分辨率试验　　3110 ～2870 cm^{-1}范围内有7个峰；分辨率不低于2 cm^{-1}

第六章 物联网技术

物联网通俗来讲可以理解为“物物相连的互联网”。

物联网包括两层意思：第一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；第二，其终端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。如下图牧场奶牛体征监测系统，各终端节点连接红外温度传感器和振动传感器，被固定在奶牛大腿内侧。通过烧写程序时设定终端节点的网络地址的方式确定每头奶牛的身份、位置等，达到了奶牛个体识别的目的，即

远端信息中心 $\xleftarrow{\text{Internet}}$ 传感器 $\longleftrightarrow$ 奶牛 （物物相连模式）。



奶牛体征监测系统整体架构

因此，物联网主要是通过通信传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现对物品的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

物联网“Internet of things”（ IOT，简称物联网）的概念是在1999年提出的。物联网概念一经提出，立即受到各国政府、企业和学术界的重视，在需求和研发的相互推动下，迅速热遍全球。

1 物联网（IOT）提出的背景

（1） 传感技术的成熟：

随着微电子技术的发展，涉及人类生活、生产、管理等方方面面的各种传感器已经比较成熟。例如常见的无线传感器网络（WSN）、电子标签(RFID)等

（2） 网络接入和信息处理能力大幅提高：

目前，随着网络接入多样化、IP宽带化和计算机软件技术的飞跃发展，基于海量信息收集合分类处理的能力大大提高。

2 物联网定义

（1）目前较为公认的物联网的定义是：

- 通过射频识别（RFID）装置、红外感应器、 全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网相连接，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。
- 当每个而不是每种物品能够被唯一标识后，利用识别、通信和计算等技术，在互联网基础上，构建的连接各种物品的网络，就是人们常说的物联网。

（2）物联网的三大特征

全面感知

利用RFID、传感器、二维码等能够随时随地采集物体的动态信息。

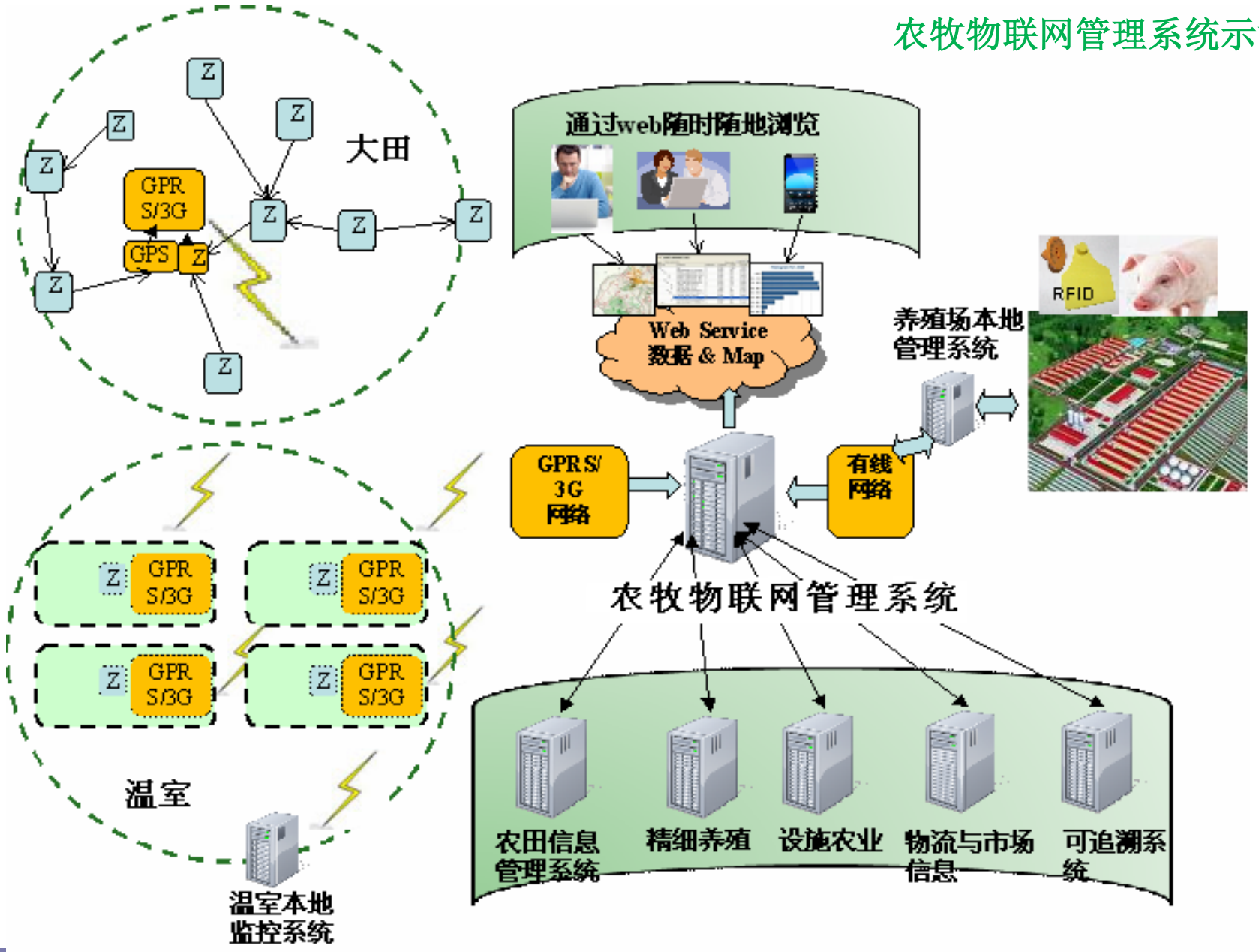
可靠传输

通过网络将感知的各种信息进行实时传送。

智能处理

利用计算机技术，及时地对海量的数据进行信息控制，真正达到了人与物的沟通、物与物的沟通。

农牧物联网管理系统示意图



3 物联网技术是智能农业的重要支撑

（1）物联网技术推动农业信息化、智能化

应用各种感应芯片和传感器，广泛地采集人和自然界各种属性信息，然后借助有线、无线和互联网络，实现各级政府管理者、农民、农业科技人员等“人与人”相联，进而拓展到土、肥、水、气，作物、仓储和物流等“人与物”相连，以及农业数字化机械，自动温室控制，自然灾害监测预警等“物与物”之间相联，并实现即时感知、互联互通和高度智能化。

（2）物联网技术提高农业精准化管理水平

在农业生产环节，利用农业智能传感器实现农业生产环境信息的实时采集和利用自组织智能物联网对采集数据进行远程实时报送。通过物联网技术监控农业生产环境参数，如土壤湿度、土壤养分、pH值、降水量、温度、空气湿度和气压、光照强度、CO2浓度等，为农作物大田生产和温室精准调控提供科学依据，优化农作物生长环境，不仅可获得作物生长的最佳条件，提高产量和品质，同时可提高水资源、化肥等农业投入品的利用率和产出率。

（3）物联网技术保障农产品和食品安全

在农产品和食品流通领域，集成应用电子标签、条码、传感器网络、移动通信网络和计算机网络等农产品和食品追溯系统，可实现农产品和食品质量跟踪、溯源和可视数字化管理，对农产品从田头到餐桌、从生产到销售全过程实行智能监控，可实现农产品和食品质量安全信息在不同供应链主体之间的无缝衔接，不仅实现农产品和食品的数字化物流，同时也可大大提高农产品和食品的质量。

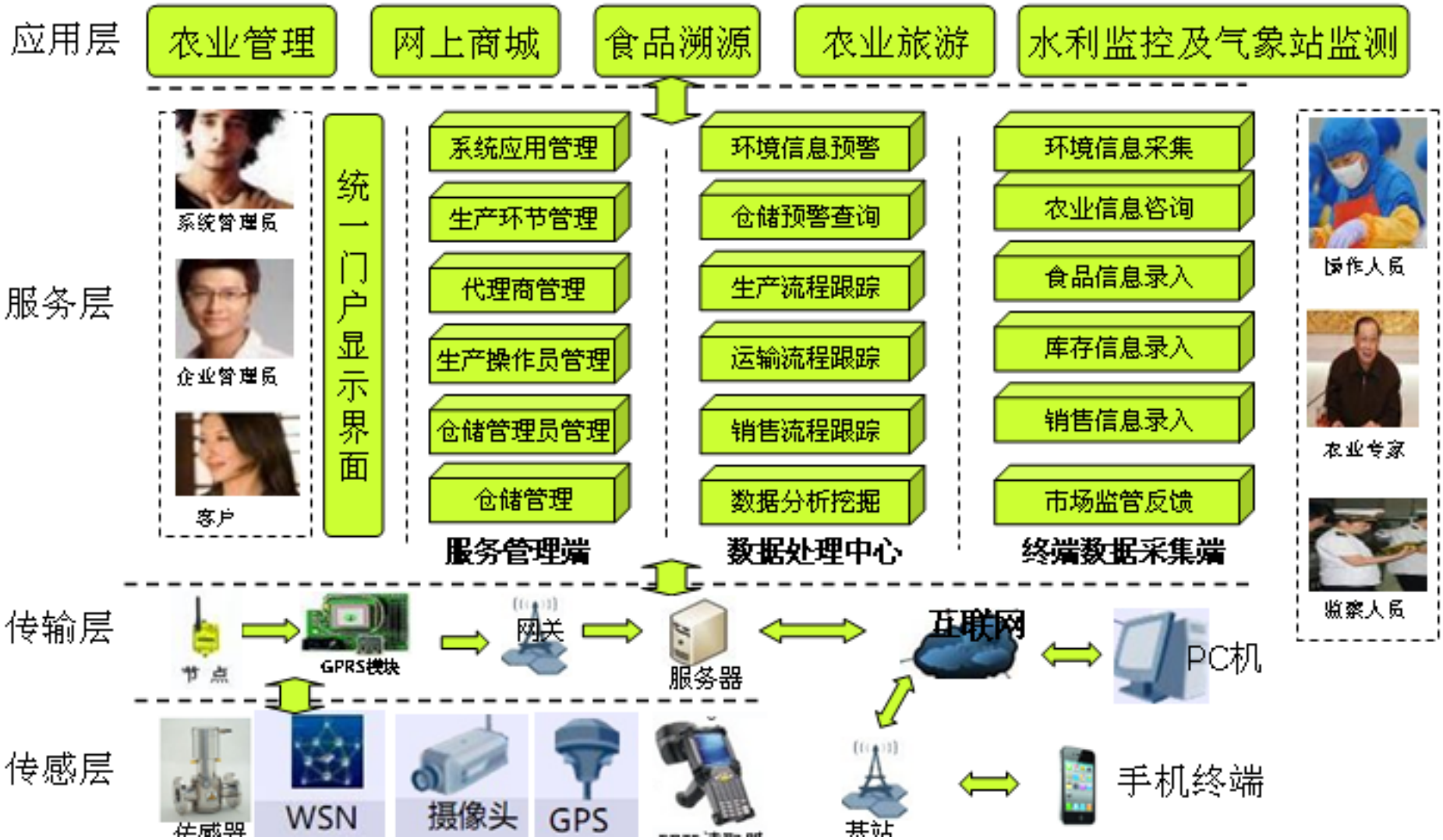
（4）物联网技术推动新农村建设

通过互联网长距离信息传输与接近终端小范围无线传感节点物联网的结合，可实现农村信息最后落脚点的解决，真正让信息进村入户，把农村远程教育培训、数字图书馆推送到偏远村庄，缩小城乡数字鸿沟，加快农村科技文化的普及，提高农村人口的生活质量，加快推进新农村建设。

4　物联网技术引领现代农业发展方向

农业物联网技术的发展，将会解决一系列在广域空间分布的信息获取、高效可靠的信息传输与互联、面向不同应用需求和不同应用环境的智能决策系统集成的科学技术问题，将是实现传统农业向现代农业转变的助推器和加速器，也将为培育物联网农业应用相关新兴技术和服务产业发展提供无限的商机。农业物联网在提升农业智能化水平

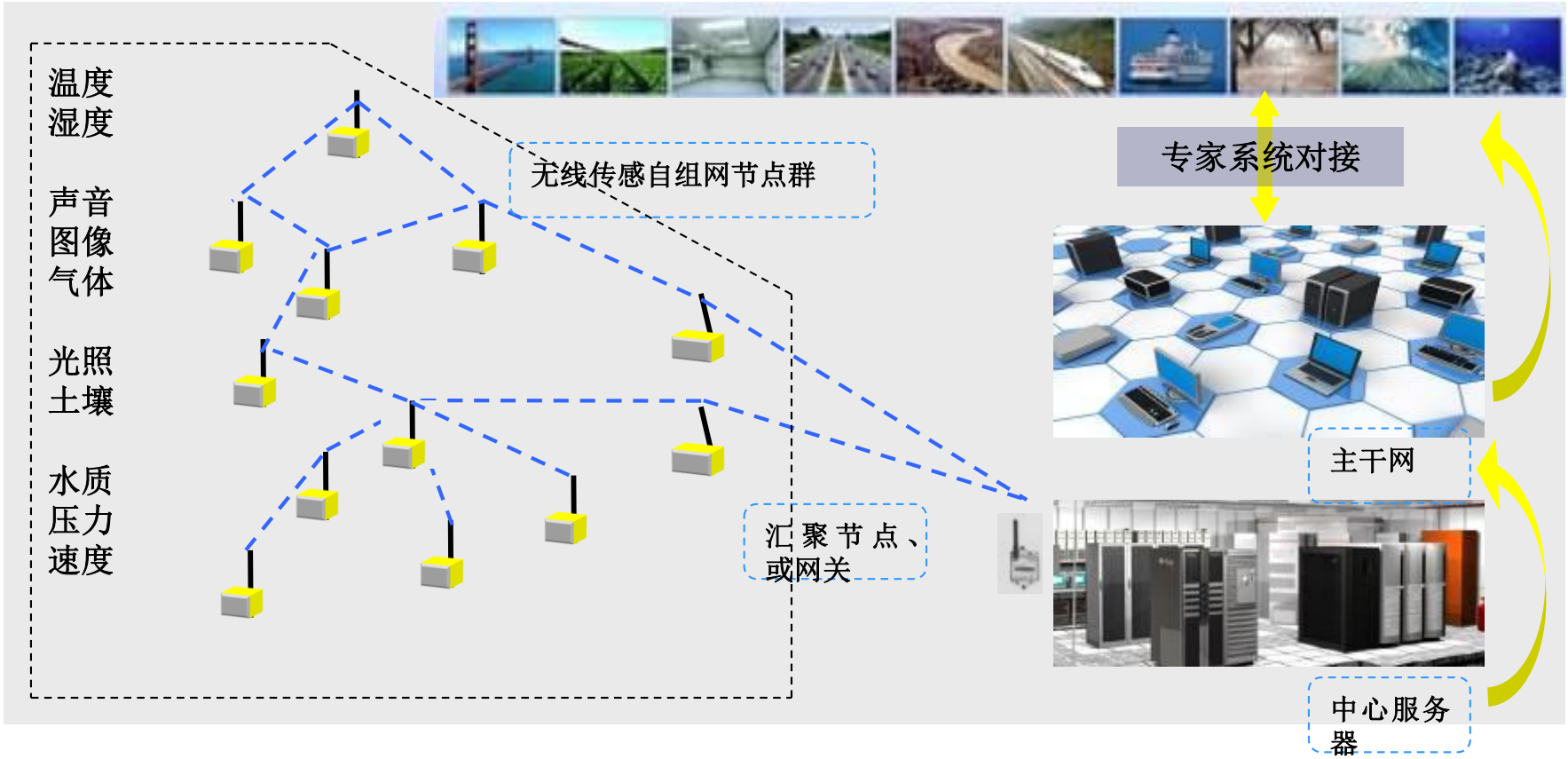
5 系统总体功能架构


应用层
农业管理
网上商城
食品溯源
农业旅游
水利监控及气象站监测
服务层
系统管理员
企业管理员
客户
统一门户显示界面
系统应用管理
生产环节管理
代理商管理
生产操作员管理
仓储管理员管理
仓储管理
环境信息预警
仓储预警查询
生产流程跟踪
运输流程跟踪
销售流程跟踪
数据分析挖掘
环境信息采集
农业信息咨询
食品信息录入
库存信息录入
销售信息录入
市场监管反馈
服务管理端
数据处理中心
终端数据采集端
操作人员
农业专家
监察人员
传输层
节点
GPRS模块
网关
服务器
互联网
PC机
传感层
WSN
摄像头
GPS
基站
手机终端

6 物联网应用

物联网应用示意图

（1）环境感知



代表一个传感器设备和一个节点设备组成的感知子系统

（2）智能控制

自动化控制：中心服务器通过传感器感知环境数据，并将数据与预定阀值比对，根据比对结果，决策控制命令，将控制命令发送到控制服务器，控制服务器将对设备进行对应的控制。

手动控制：通过手机或者PC机在web端发送控制命令到中心服务器，服务器转发到控制服务器。

通风设备

大棚遮阳设备

灌溉设备

灯光杀虫设备

控制服务器

发送控制指令

中心服务器

手机控制

PC控制

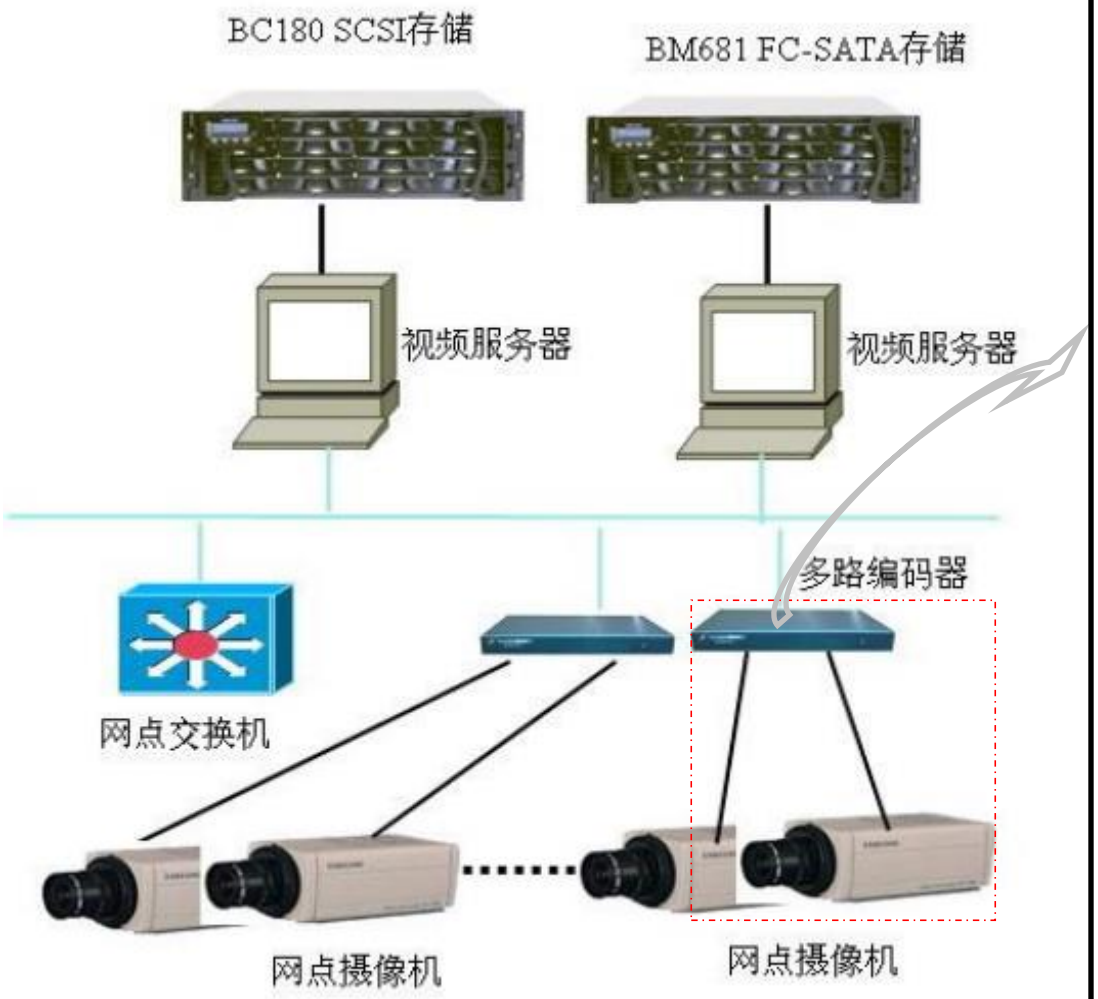
光照度

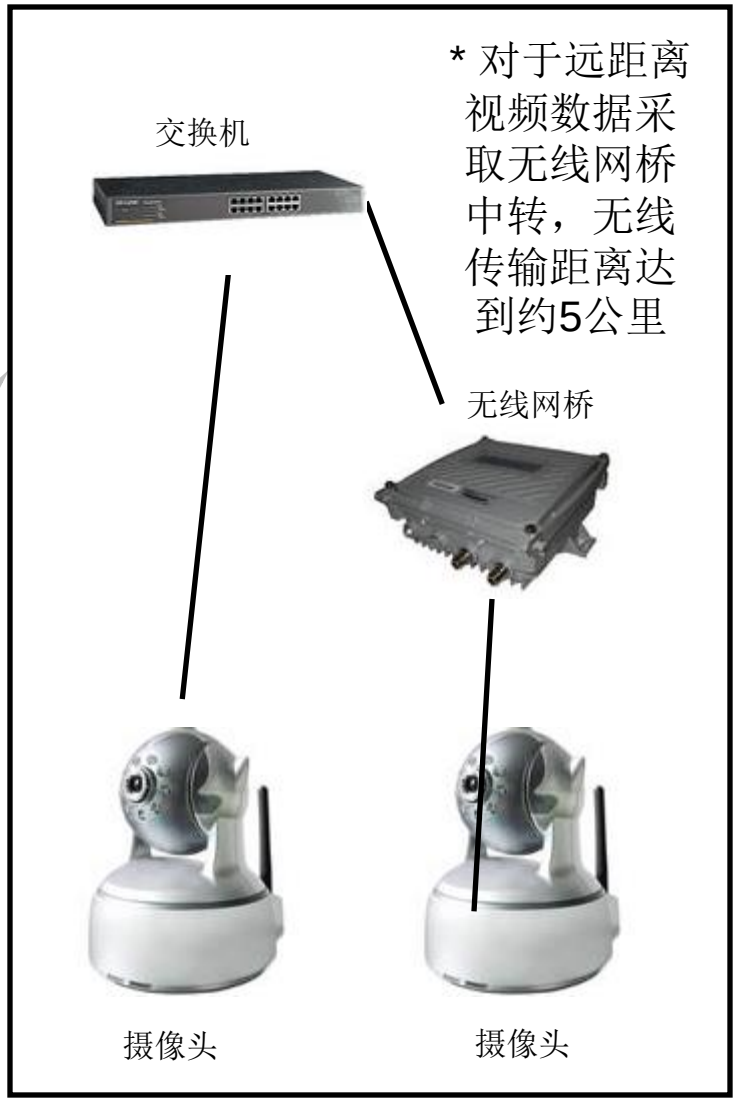
土壤温湿度

温湿度

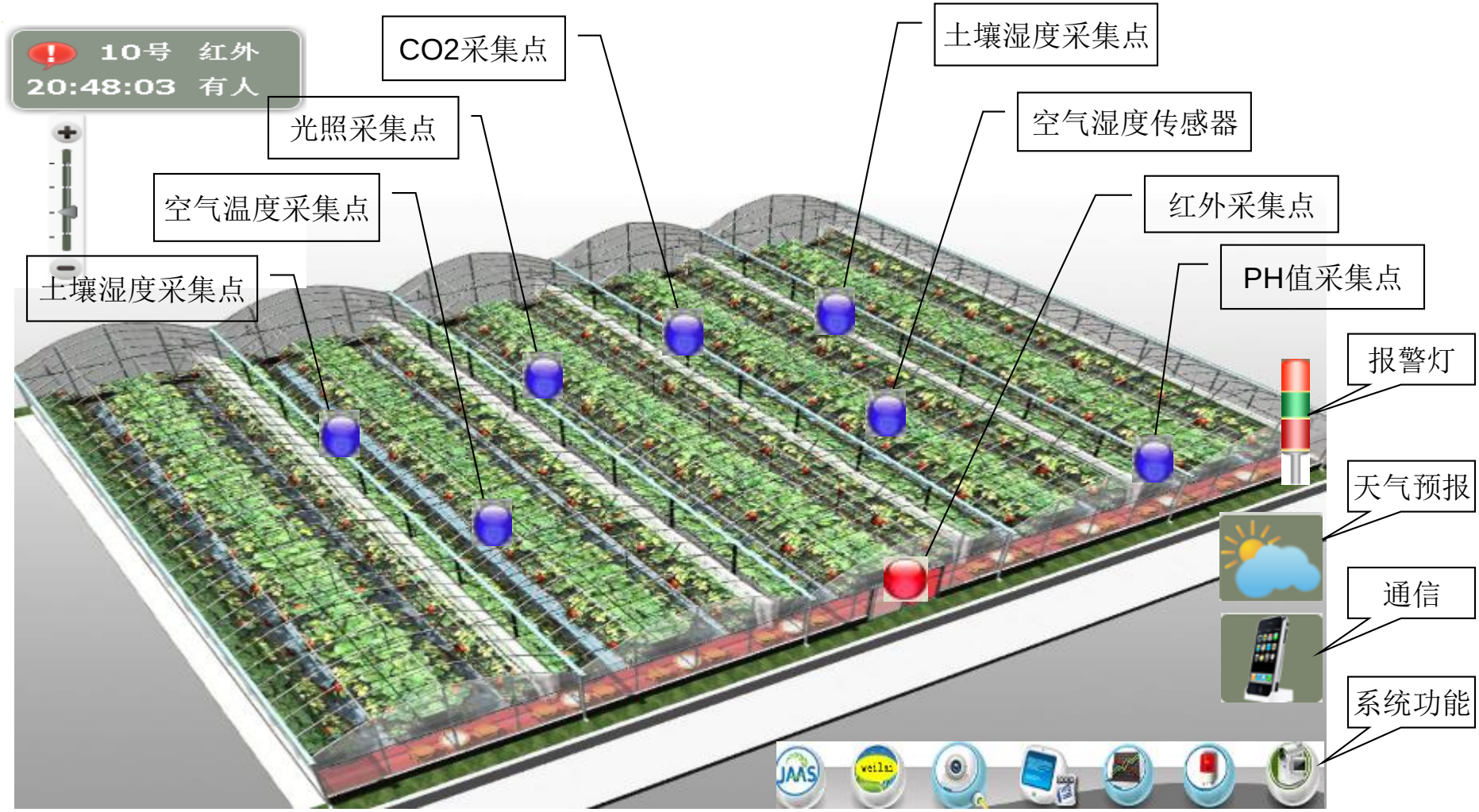
*不仅限于图例中感知设备

（3）视频监控


BC180 SCSI存储
BM681 FC-SATA存储
视频服务器
视频服务器
多路编码器
网点交换机
网点摄像机
网点摄像机


* 对于远距离视频数据采取无线网桥中转，无线传输距离达到约5公里
交换机
无线网桥
摄像头
摄像头

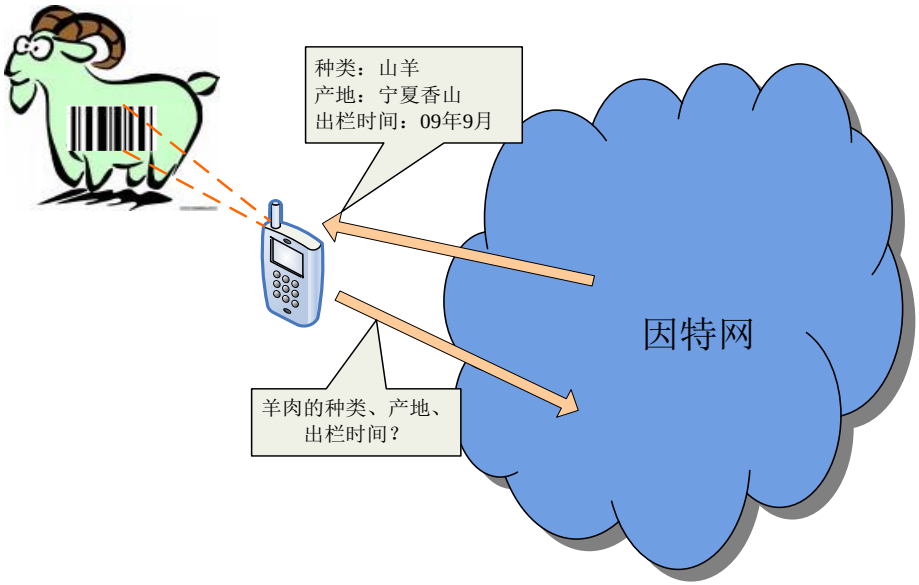
（4）局部实时数据监测

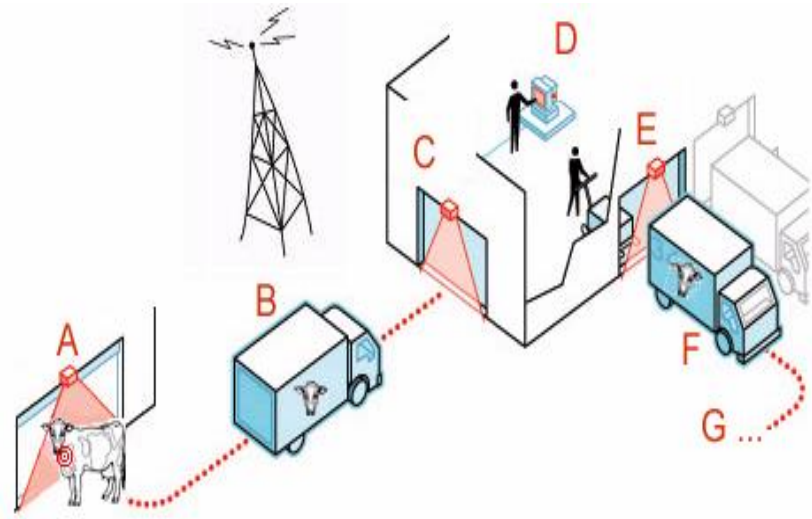


系统功能依次为：专家系统、设备控制、实时监控、历史数据、数据图、报警情况、视频监控

（5）畜牧溯源

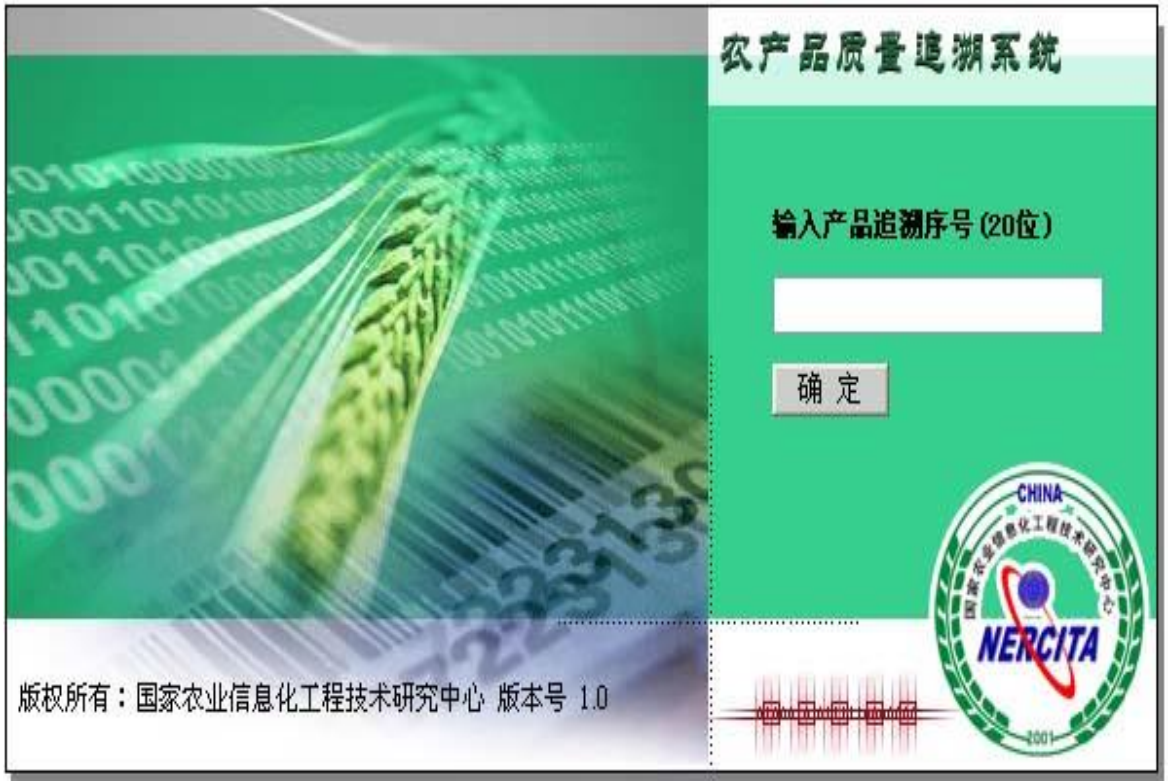
给放养的牲畜中的每一只羊都贴上一个二维码，这个二维码会一直保持到超市出售的肉品上，消费者可通过手机阅读二维码，知道牲畜的成长历史，确保食品安全。我国已有10亿存栏动物贴上了这种二维码。





（1）

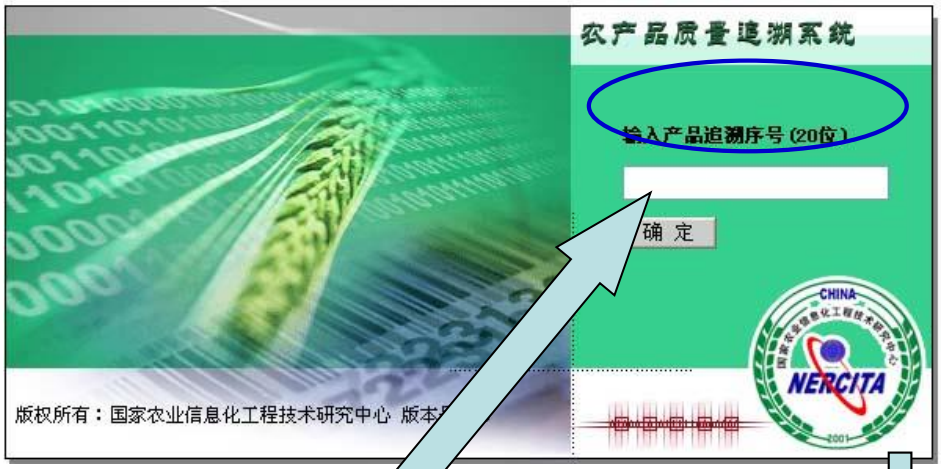
农产品安全追溯系统



为了使消费者充分了解农产品的种源情况、生产基地环境质量、生产操作过程、加工销售过程等各个环节，结合目前先进的条码技术对农产品的流通进行编码，从而建立安全的农产品生产全程追溯系统。

（2）

系统查询


农产品质量追溯系统
输入产品追溯序号（20位）
确 定
CHINA
NERCITA
版权所有：国家农业信息化工程技术研究中心 版本

输入追溯号

品种名称: 葡萄 丰后
查看详细
生产日期: 2005/11/23
产品等级: 二级
包装类型: 礼品装
质检结果: 合格
查看详细
技术负责人: 王文奎
查看详细
农事操作: 2002-Q/LHN01
查看详细
产地环境: 普通
查看详细
退 出
版权所有：国家农业信息化工程技术研究中心
版本号 1.0
田块基本信息
田块类型 普通
测样时间 2005-08-10
面积大小 2 亩
土壤类型 壤土
土壤环境质量
pH值 总镉 总汞 总砷 总铅 总铬
6.5 0.1 0.2 0.3 0.1 0.2
土壤养分信息
土壤类型 有机质 速效氮 速效磷 速效钾
壤土 11 11 12 12
环境空气质量
二氧化硫（日平均）mg/m3 氟化物（日平均）ug/(dm2·d)
0.6 0.4
水环境质量
pH值 总镉 总汞 总砷 总铅 总铬 石油 挥发酚
7 0.3 0.2 0.1 0.2 0.1 0.5 0.1

（3）

系统不同查询方式

(6) 无线葡萄园

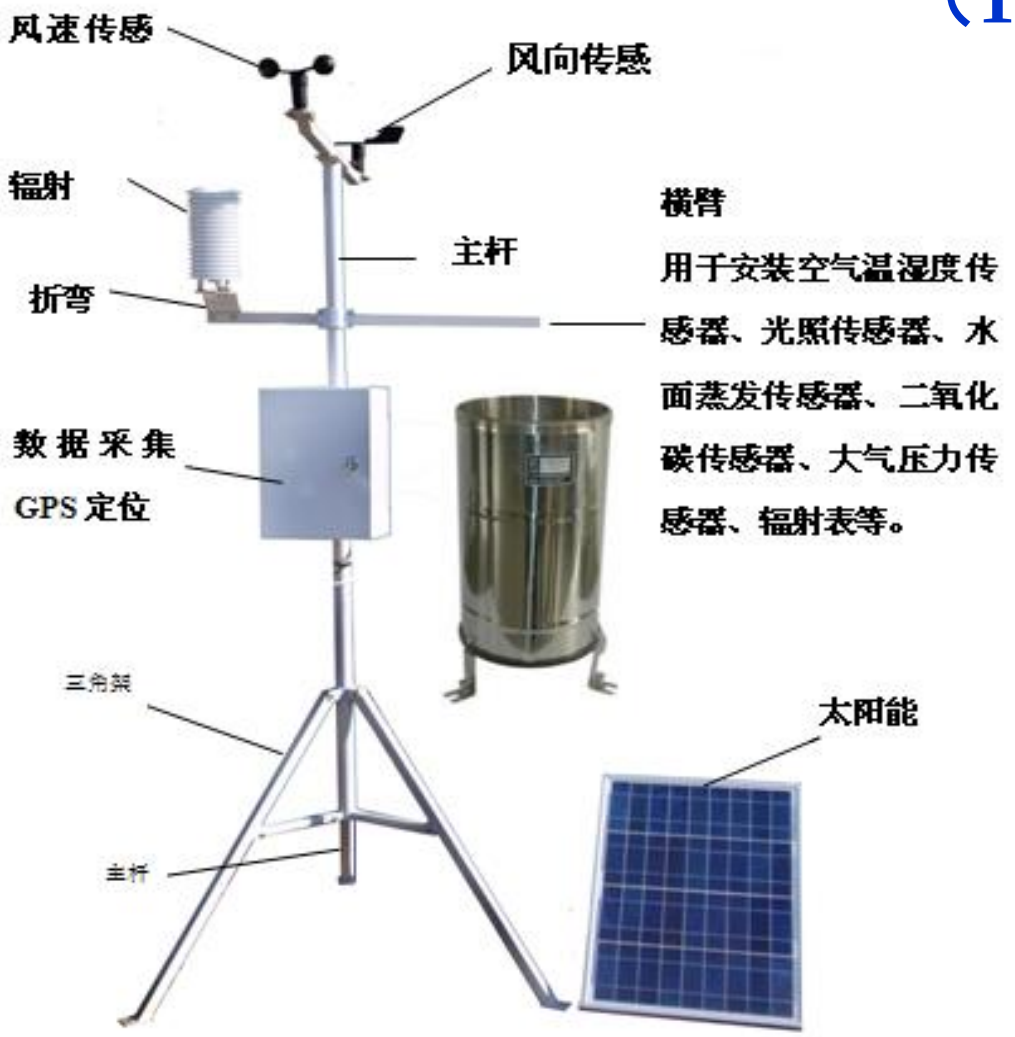
2002 年，英特尔公司率先在俄勒冈建立了世界上第一个无线葡萄园。传感器节点被分布在葡萄园的每个角落，每隔一分钟检测一次土壤温度、湿度或该区域有害物的数量，以确保葡萄可以健康生长。研究人员发现，葡萄园气候的细微变化可极大地影响葡萄酒的质量。通过长年的数据记录以及相关分析，便能精确的掌握葡萄酒的质地与葡萄生长过程中的日照、温度、湿度的确切关系。这是一个典型的精准农业、智能耕种的实例。

葡萄园环境监测系统示意图

(7) 区域小气象监测

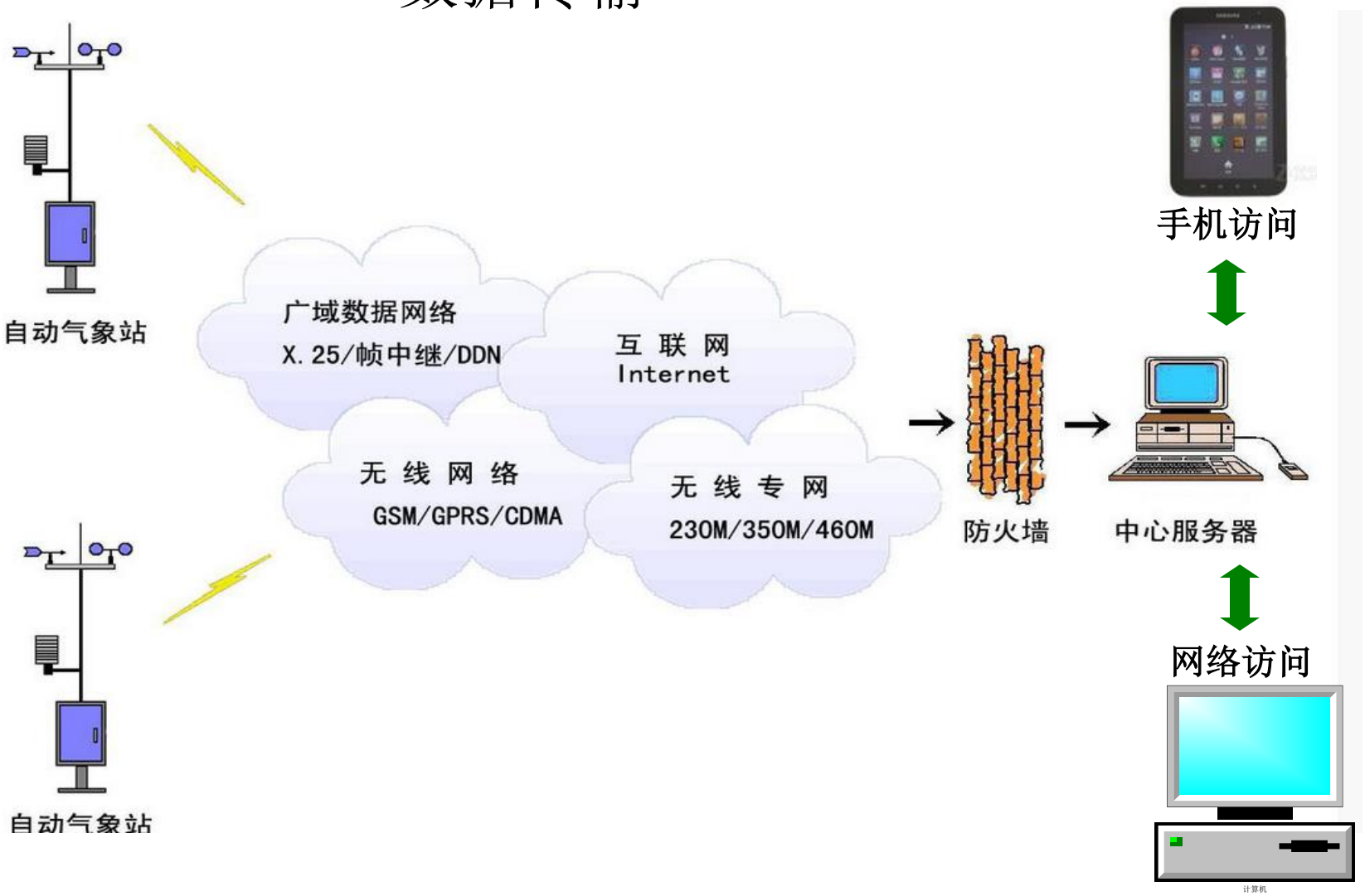
（1）

硬件设备



数据传输

（2）


自动气象站
广域数据网络
X.25/帧中继/DDN
互 联 网
Internet
无 线 网 络
GSM/GPRS/CDMA
无 线 专 网
230M/350M/460M
防火墙
中心服务器
手机访问
网络访问
自动气象站
计算机

结束

本章内容

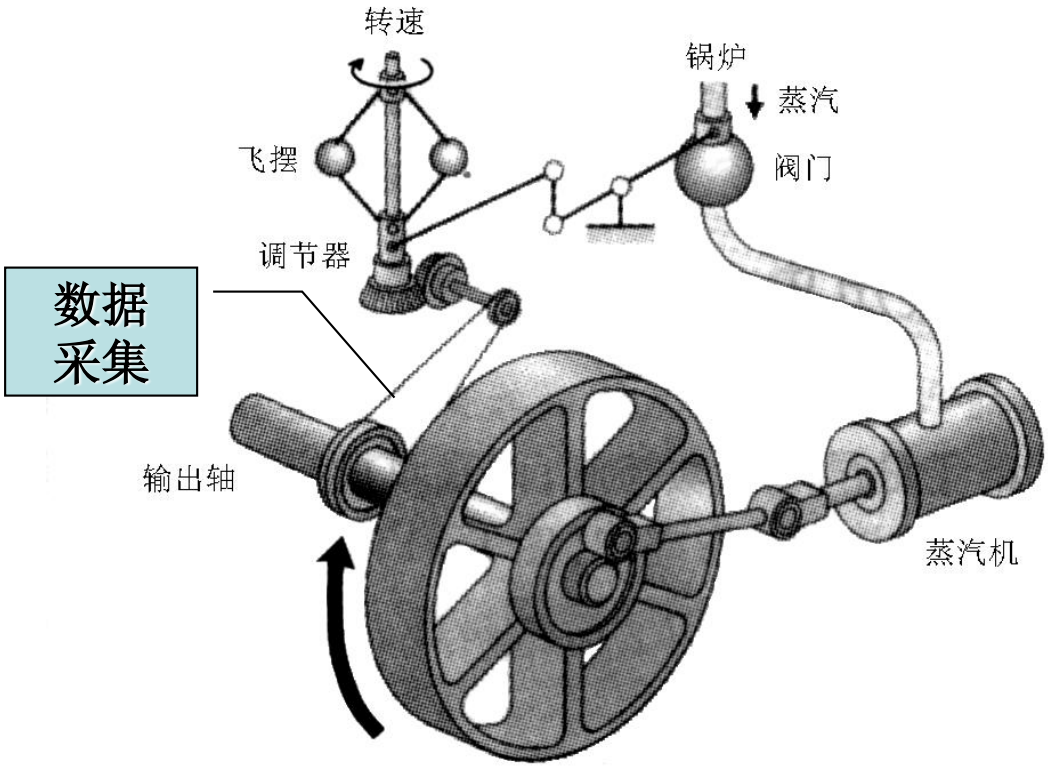
- 7.1 数据采集的发展史和应用
- 7.2 数据采集的意义与任务
- 7.3 数据采集系统的基本功能
- 1.4 数据采集系统的结构形式
- 7.5 数据处理的类型和任务

数据采集（Data acquisition）是信息科学的一个重要分支，是以传感器、信号的测量与处理、微型计算机等先进技术为基础而形成的一门综合应用技术，其实用型很强。作为获取信息的工具，数据采集在国民经济的各个领域，如核电、石化、冶金、航空航天、机械制造等方面有着非常重要的地位。人们可以通过对信号的测量（数据获取）、处理、控制及管理，实现对生产过程的测、控、管自动化与一体化。因此，本课程是自动控制、测试、仪器仪表、机械设计与自动化等专业的学生必须学习的一门专业课程。

数据采集不仅涉及到采样基本理论的应用，还涉及各种芯片的使用、数据采集系统的组成、系统的抗干扰、程序的编制调试等工程应用问题。因此，本课程教学必须坚持理论联系实际的原则，在讲授采样基本原理的基础上，着重讲授数据采集在工程上应用的知识，以进一步培养和提高学生运用本课程讲授的知识解决实际问题的能力；要使用启发式教学，以精讲为主，辅以适当的课程实习，加强学生学习的主动性、自觉性。

1. 数据采集的发展史

瓦特画像

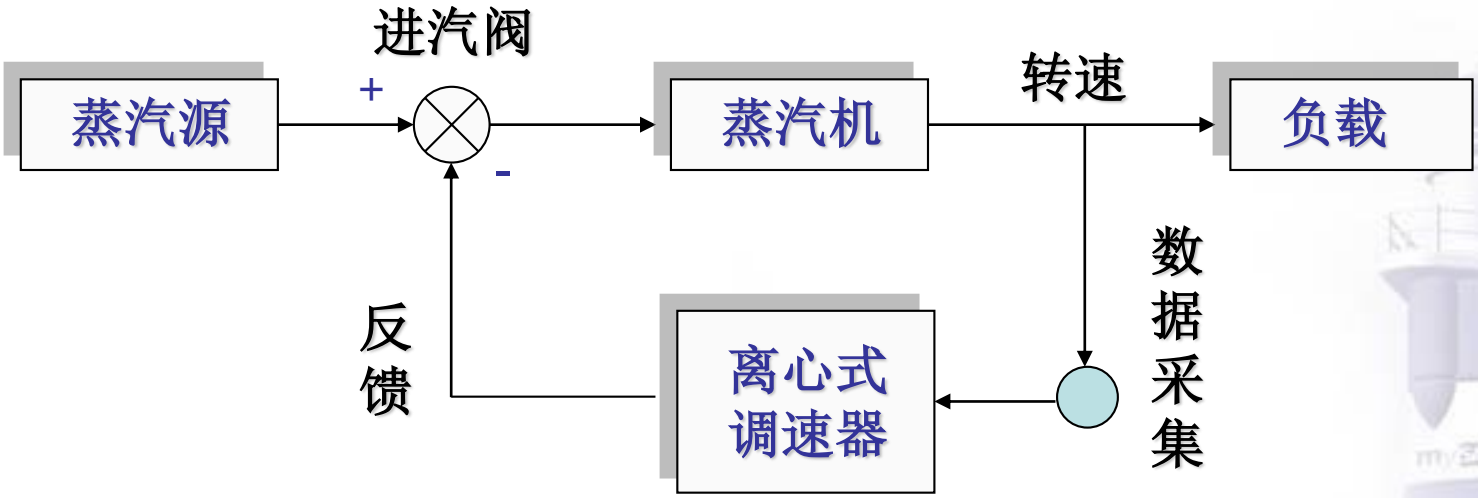


机械式蒸汽机转速的闭环自动调速系统

这是机械式蒸汽机转速的闭环自动调速系统。

当蒸汽机输出轴转速发生变化时，离心调速器自动调节进汽阀门的开度，从而控制蒸汽机的转速。

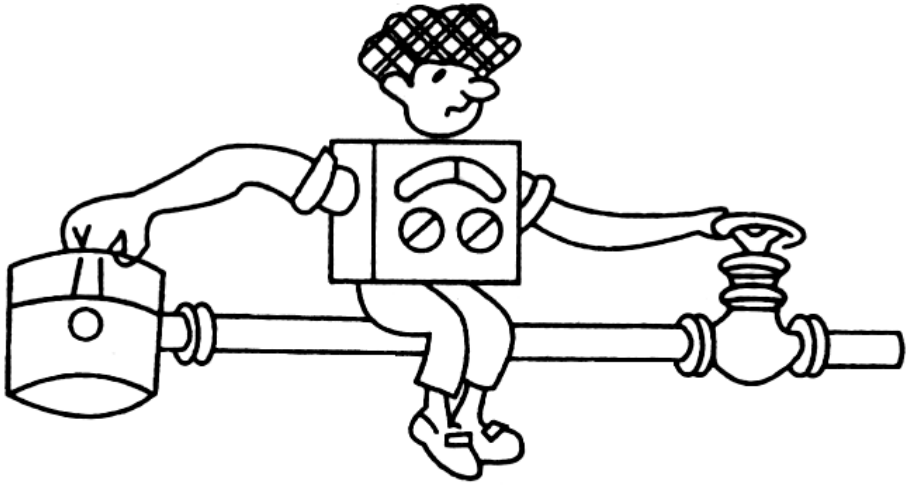
离心式调节器形成的蒸汽机调速系统，见下图。



离心式调节器形成的调速系统

瓦特蒸汽机转速不稳问题也引发了自动化科学的发展。

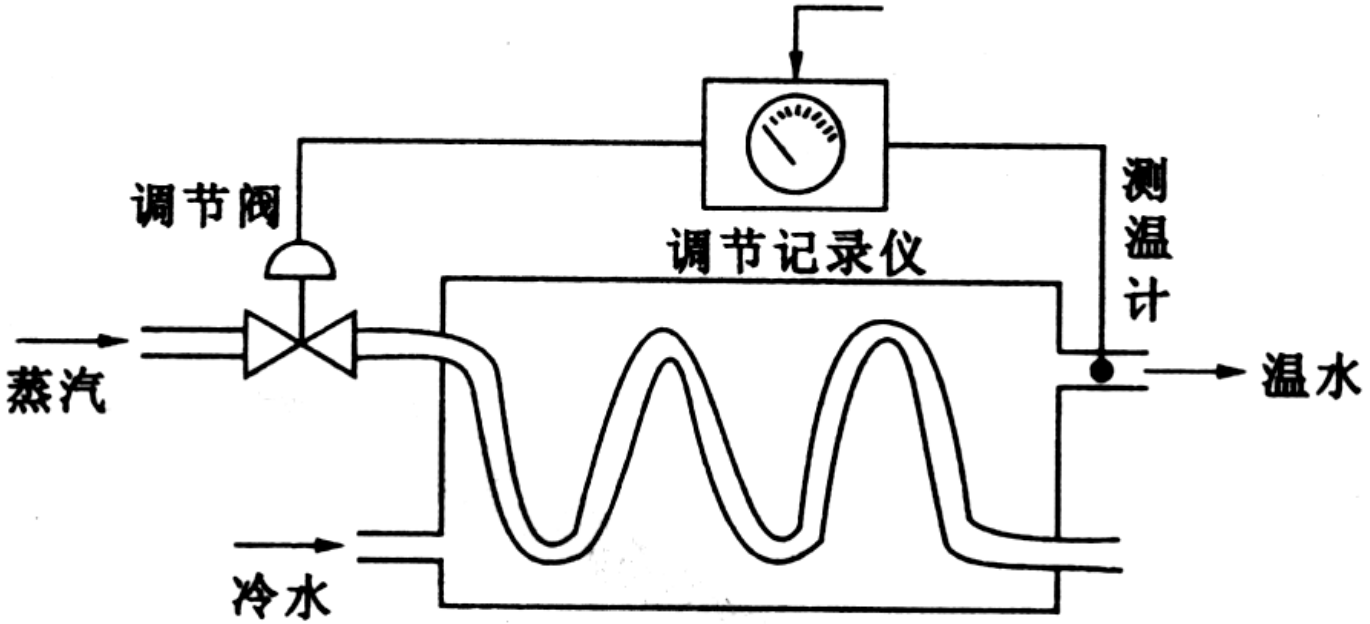
2. 数据采集在自动控制中的位置



水温的手动控制

图中，水温操作员要用手（通过感觉）来测试水的温度，并将此温度与他要求的值（给定值）相比较（通过大脑）。

同时，他要决定（通过大脑）：其手应该朝哪个方向旋转阀门（打开或关闭）；旋转多大的角度）。



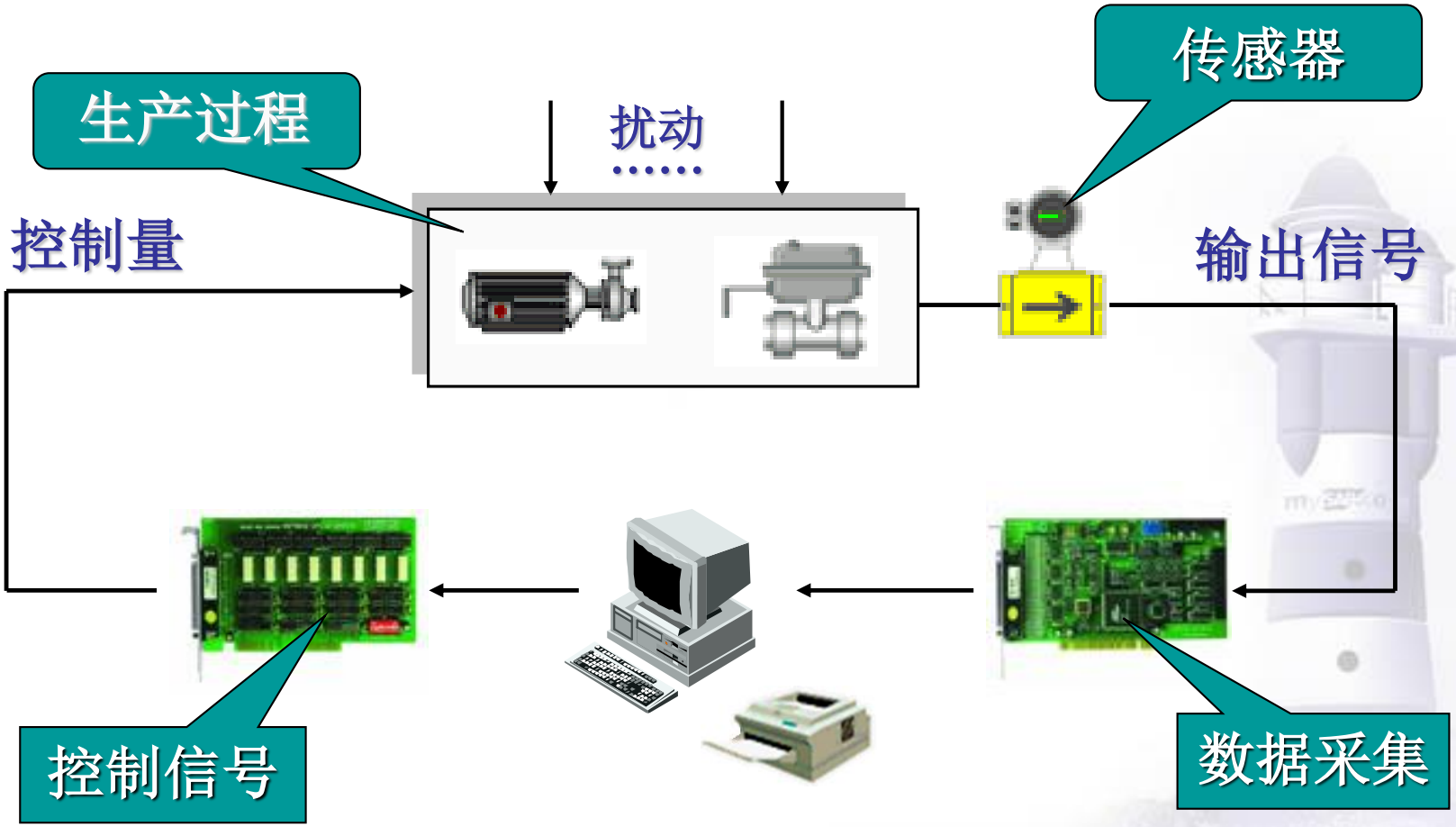
水温的自动控制

传感器— 测温计：感测水的温度；

执行器— 调节阀：打开或关闭蒸汽阀；

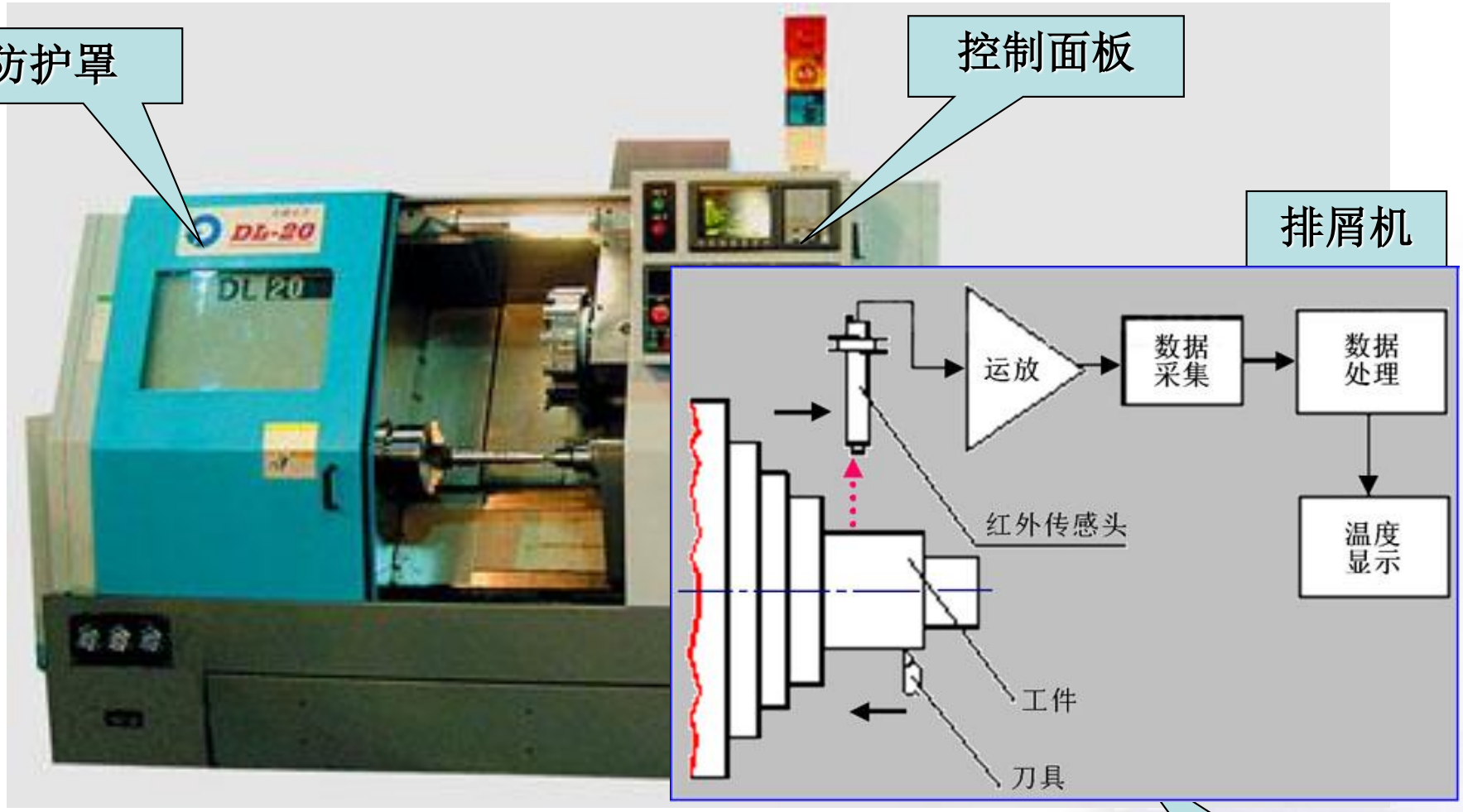
控制器— 调节记录仪：采集、比较、判断水温，驱动调节阀。

3. 数据采集的工程应用实例

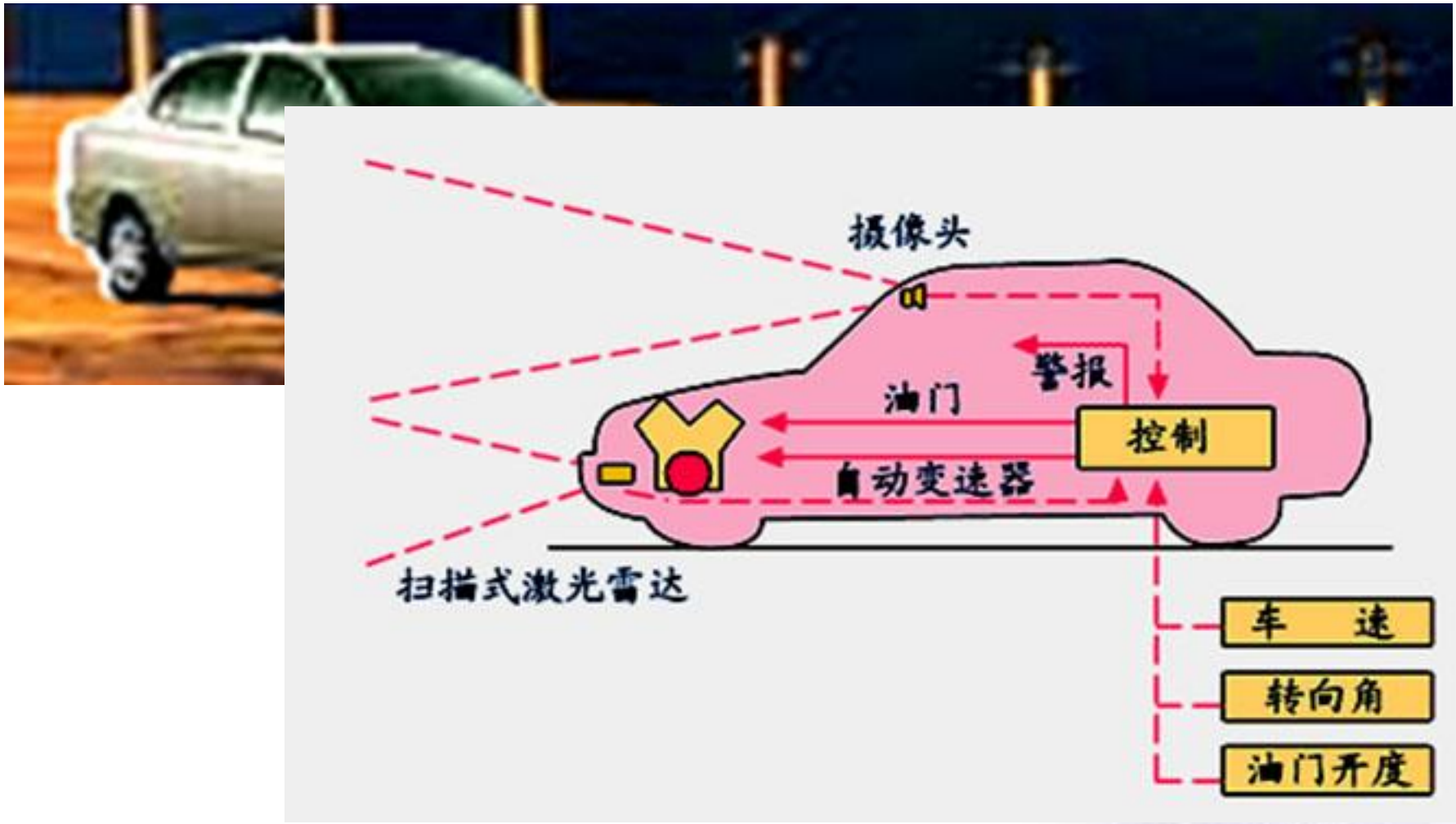


生产过程数据采集与控制系统

钢铁热连轧数据采集与自动控制

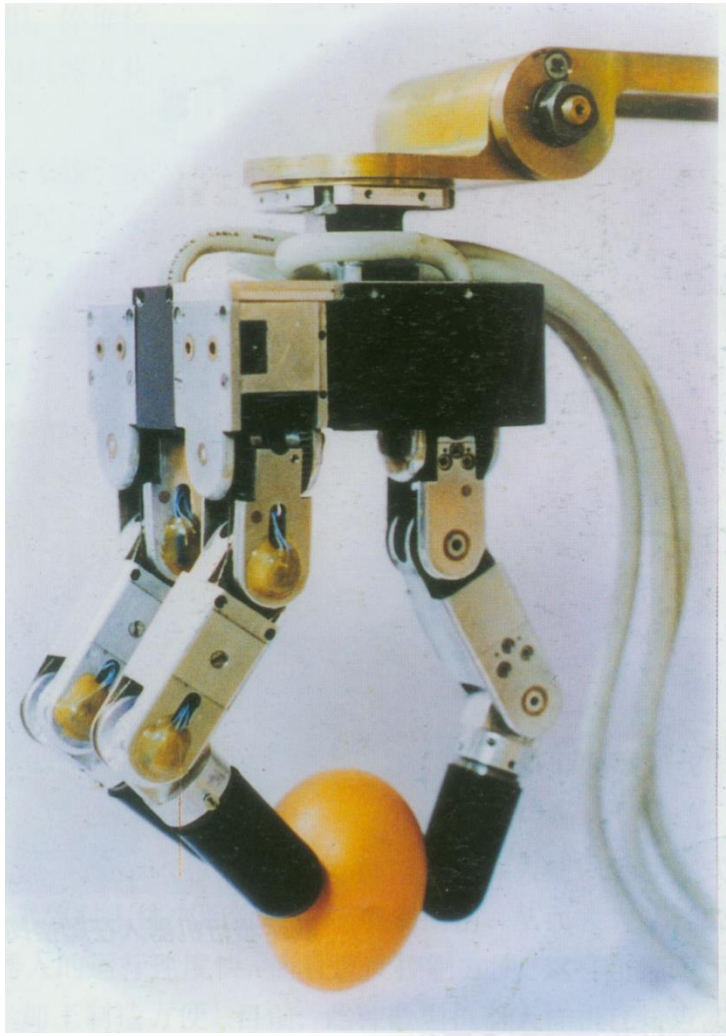


数控车床

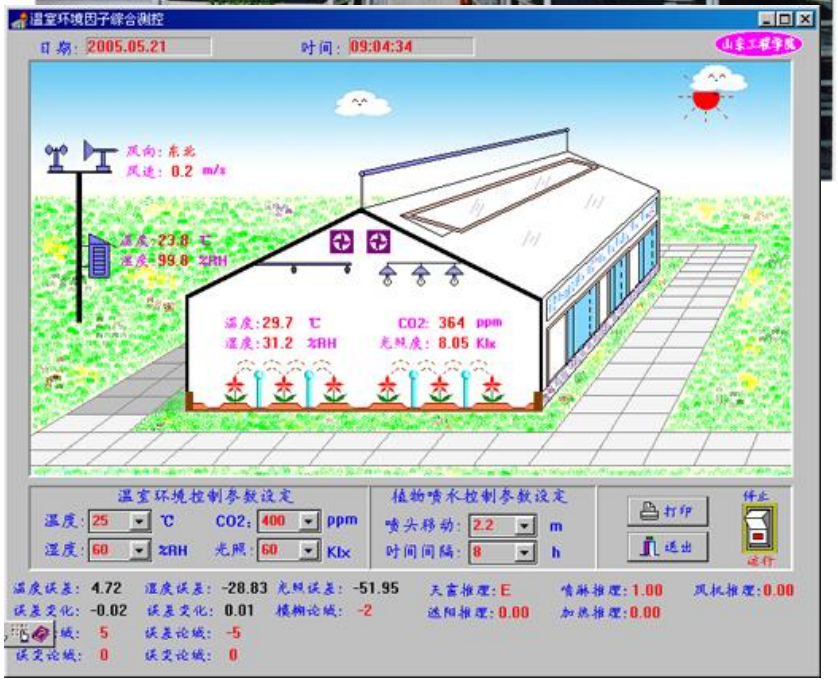


自动驾驶汽车

仿人机器人



多指灵巧机器手


温室环境因子综合测控
日期: 2005.05.21
时间: 09:04:34
山东工程学院
风向: 东北
风速: 0.2 m/s
温度:23.8 ℃
湿度:99.8 %RH
温度:29.7 ℃
湿度:31.2 %RH
CO2: 364 ppm
光照度: 8.05 Klx
温室环境控制参数设定
温度: 25 ℃
湿度: 60 %RH
CO2: 400 ppm
光照: 60 Klx
植物喷水控制参数设定
喷头移动: 2.2 m
时间间隔: 8 h
打印
退出
停止
运行
温度误差: 4.72
温度误差: -28.83
光照误差: -51.95
天窗推理: E
喷淋推理: 1.00
风机推理: 0.00
误差变化: -0.02
误差变化: 0.01
模糊论域: -2
遮阳推理: 0.00
加热推理: 0.00
论域: 5
误差论域: -5
误差论域: 0
误差论域: 0

绘制室内、外环境数据曲线
日期: 1999.01.09
数据文件名: E:\DAT\19990109.DAT
GCNY 1.0
%RH. ℃
ppm. kLx
100 +60
90 +50
80 +40
70 +30
60 +20
50 +10
40 0
30 -10
20 -20
10 -30
0
2000 50
1800 45
1600 40
1400 35
1200 30
1000 25
800 20
600 15
400 10
200 5
0 0
0h
5h
10h
15h
20h
23h
室内温度(℃)
室外温度(℃)
室内湿度(%RH)
室外湿度(%RH)
室内CO2浓度(ppm)
光照强度(kLx)
绘曲线
打印
退出

自动控制温室

1. 数据采集的定义

数据采集 —— 指采集温度、压力、流量等模拟量，转换成数字量，由计算机进行存储、处理、打印的过程。

相应系统称为数据采集系统。

2. 数据采集的意义

- 作用
  - ①在生产过程中，对工艺参数进行采集、监测，为提高质量、安全生产、降低成本提供信息。
  - ②在科学研究中，用来获取微观、动静态信息。

例如，物体的运动数据记录、处理。

汽车碰撞数据采集

- 意义：解决人不能解决的问题。
- 结果：提高工作效率，取得较好的经济效益。

3. 数据采集系统的任务

任务有
- ①采集传感器输出的模拟信号，并转换成数字信号，然后送入计算机。
- ②计算机对数字信号进行处理。

4. 评价数据采集系统性能优劣的标准

标准有
- 系统的采样精度。
- 系统的采样速度。

5. 构成数据采集系统的依据

在保证系统具备采样精度的条件下，有尽可能高的采样速度，以满足实时处理、控制的要求。

数据采集系统一般具有以下功能：

1. 采集数据

按照采样周期，对模拟、数字、开关信号采样。

2. 模拟信号处理

模拟信号— 指信号幅值随时间连续变化的信号。

特点：在规定的一段连续时间内，其幅值为连续值。

优点：便于传送。

缺点：易受干扰。

信号类型
- ①由传感器输出的电压信号
- ②由仪表输出的电流信号
  - 0～20mA
  - 4～20mA

信号处理
- ①将采样信号 → 数字信号
- ②将转换的数字信号作标度变换

3. 数字信号处理

数字信号— 指在有限离散瞬时上取值间断的信号。

特点： 时间和幅值都不连续的信号。

优点：抗干扰能力强

缺点：需要一套转换电路，增加成本。

传送方式
- ①并行传送
- ②串行传送

信号处理：将数字信号采入计算机后，进行码制转换。如 BCD→ASCII，便于在屏幕上显示。

4. 开关信号的处理

开关信号— 由按钮、行程开关等器件触点产生的信号。

信号处理：根据开关的状态执行相应的操作。

5. 二次数据计算

概念
- 一次数据 — 从传感器采集的数据。
- 二次数据 — 对一次数据作计算得到的数据。

二次数据 { 平均、累计
傅里叶变换、积分变换
变化率、差值
最大值、最小值

6. 屏幕显示

将数字、图形、图表等显示在屏幕上。

7. 数据存储

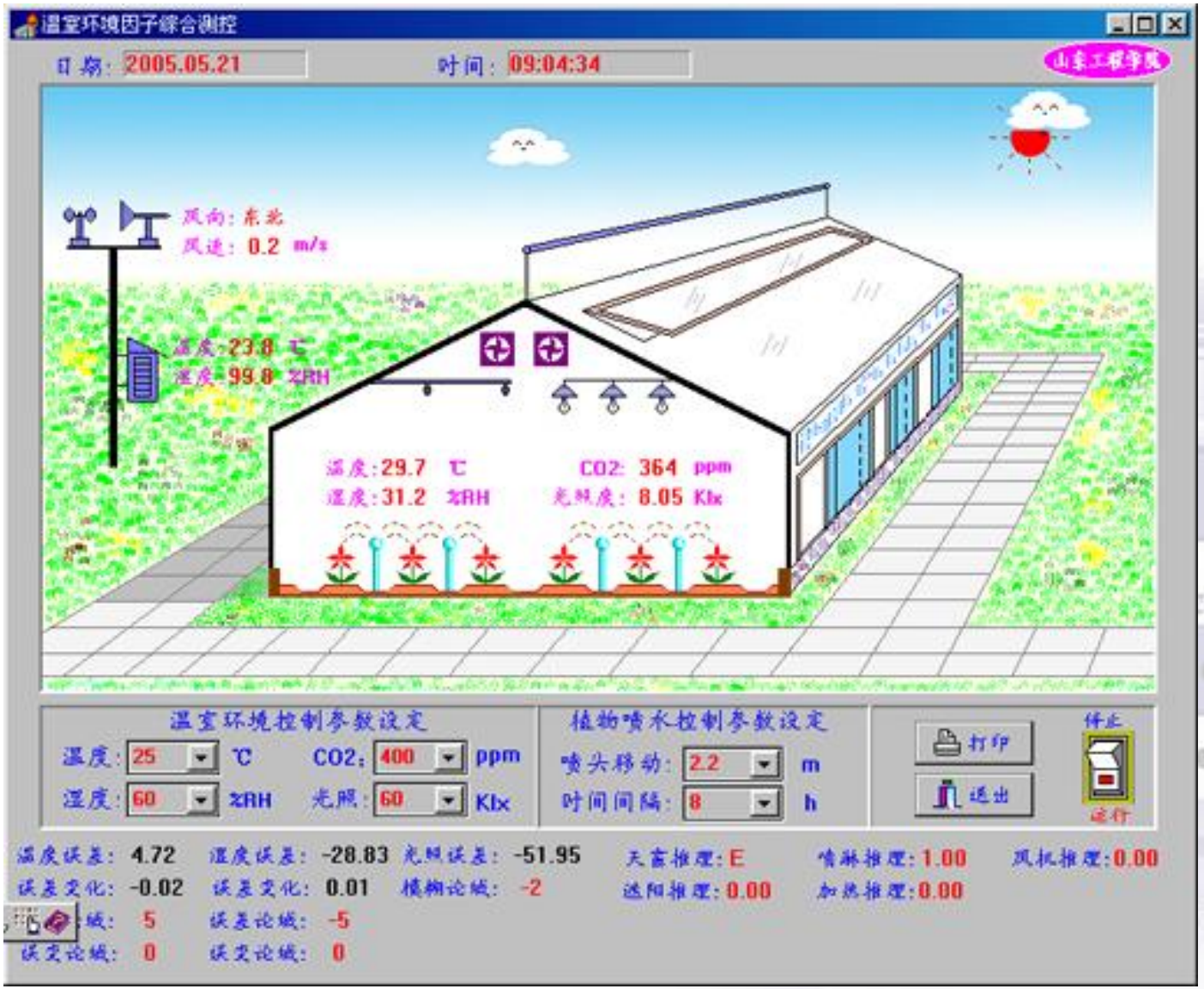
按时间间隔，将数据存储在外部存储器。

8. 打印输出

按时间间隔，打印输出数字、图形。

9. 人机联系

操作人员用键盘或鼠标与系统对话，完成运行方式的设置。


温室环境因子综合测控
日期: 2005.05.21
时间: 09:04:34
山东工程学院
风向: 东北
风速: 0.2 m/s
温度:23.8 ℃
湿度:99.8 %RH
温度:29.7 ℃
湿度:31.2 %RH
CO2: 364 ppm
光照度: 8.05 Klx
温室环境控制参数设定
温度: 25 ℃
CO2: 400 ppm
湿度: 60 %RH
光照: 60 Klx
植物喷水控制参数设定
喷头移动: 2.2 m
时间间隔: 8 h
打印
退出
停止
运行
温度误差: 4.72
温度误差: -28.83
光照误差: -51.95
天窗推理: E
喷淋推理: 1.00
风机推理: 0.00
误差变化: -0.02
误差变化: 0.01
模糊论域: -2
遮阳推理: 0.00
加热推理: 0.00
误差论域: 5
误差论域: -5
误变论域: 0
误变论域: 0

系统组成
- ①硬件
- ②软件

结构形式
- ①微型计算机数据采集系统
- ②集散型数据采集系统

1. 微型计算机数据采集系统

系统的结构如图1-1所示。

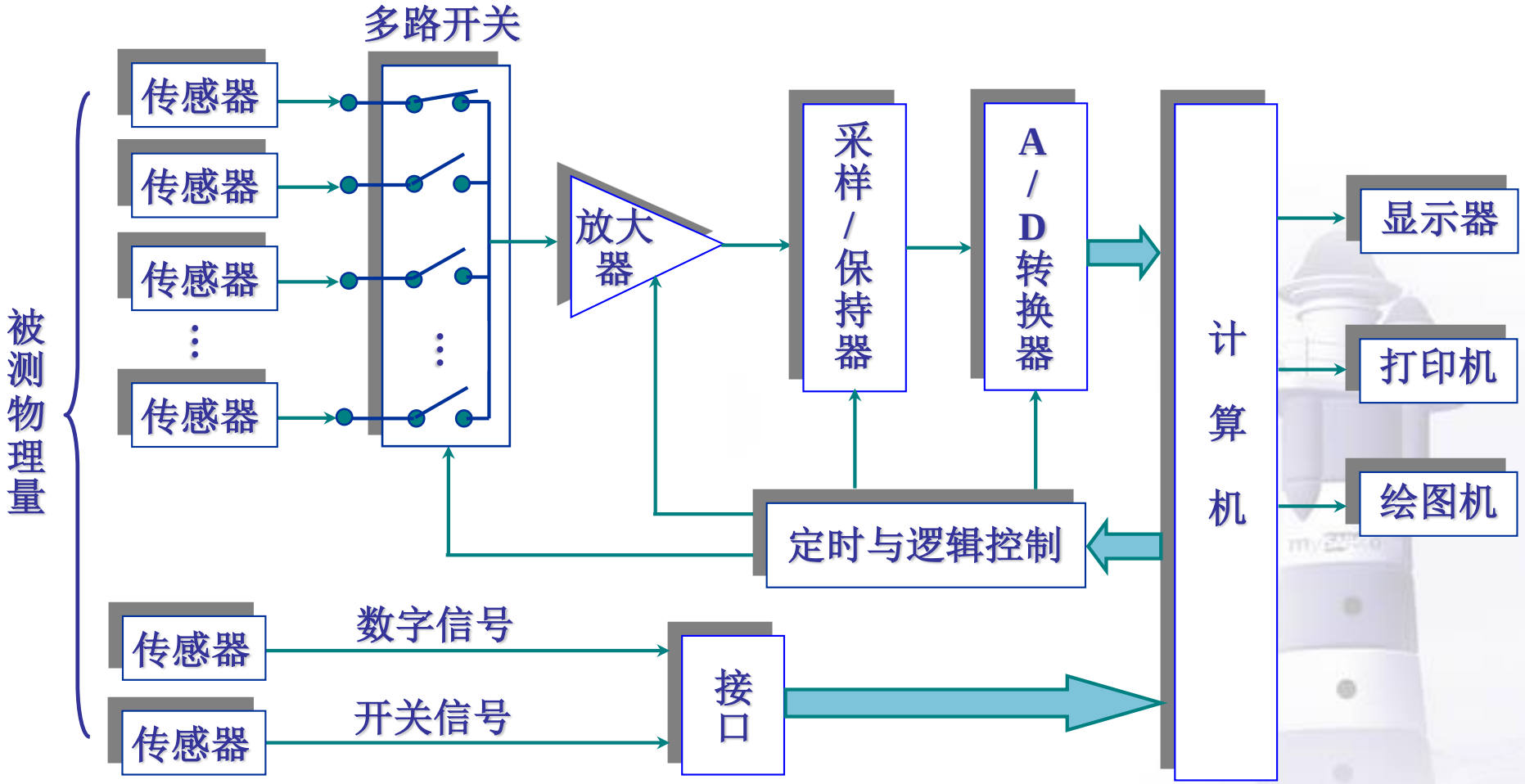


图1-1 微型计算机数据采集系统

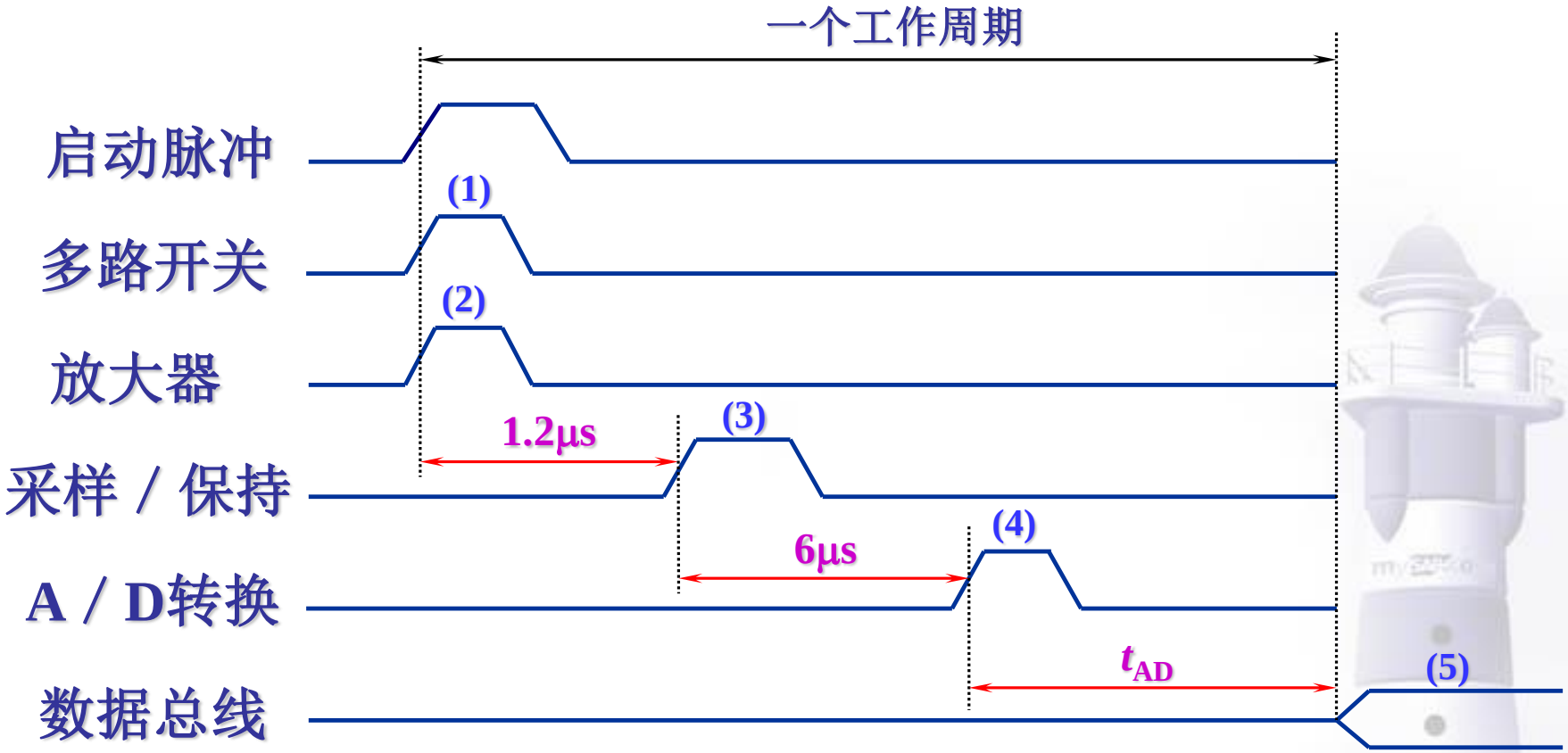


图1-2 数据采集系统工作时序

系统特点
- ①结构简单，易实现
- ②对环境要求不高
- ③系统成本低
- ④集散型的基本单元
- ⑤模板齐全，易组成系统

2. 集散型数据采集系统

系统结构如图1-3所示。

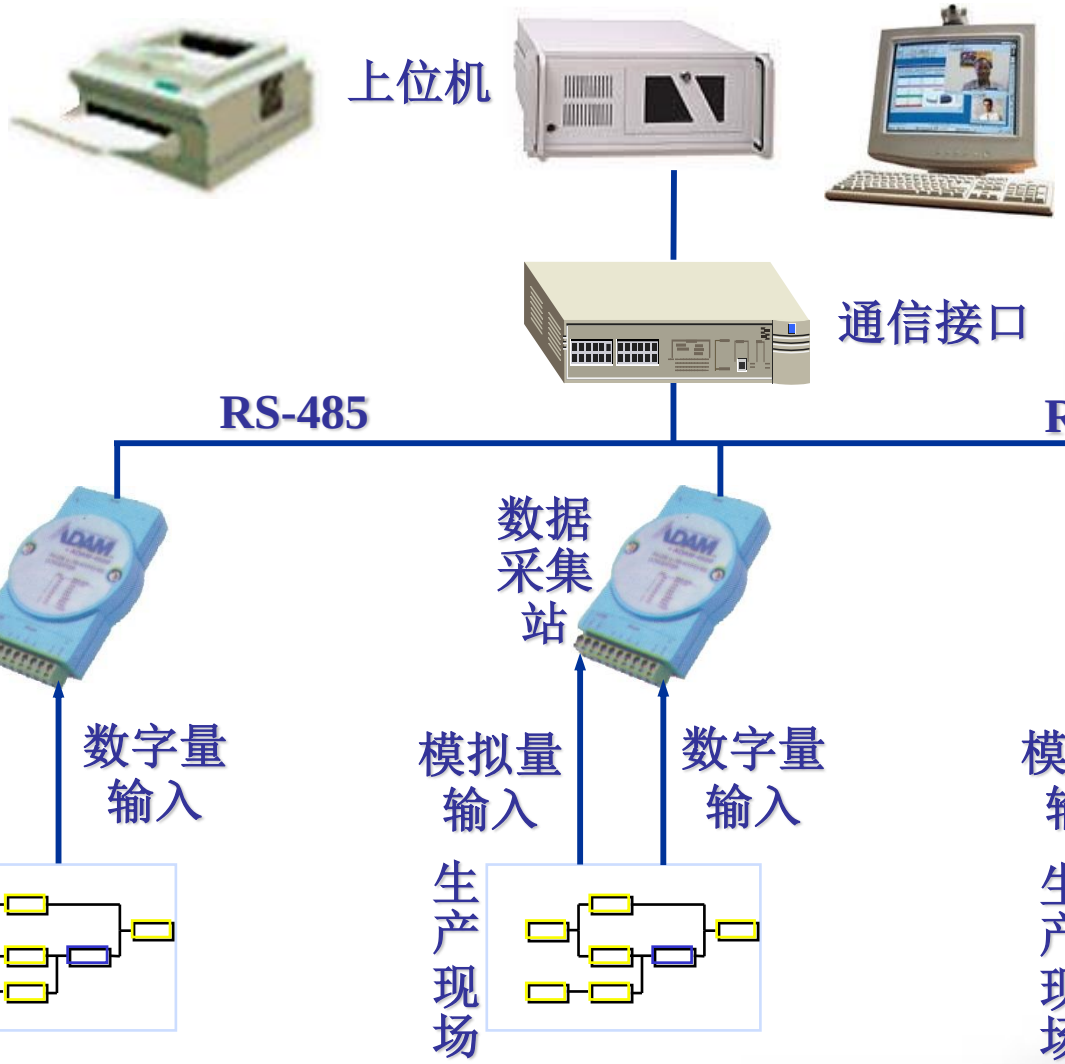


图1-3 集散型数据采集系统

系统特点

①适应能力强

②可靠性高

③实时性好

④对硬件要求不高

- 处理类型
  - ①按处理方式
    - 实时（在线）处理
    - 事后（脱机）处理
  - ②按处理性质
    - 预处理
      - 剔除误差
      - 标度变换
    - 二次处理
      - 微分、积分
      - 傅里叶变换

处理任务
- ①对采集信号作标度变换
- ②消除数据中的干扰
- ③分析计算数据中的内在特征

- 对采集到的电信号作标度变换

将没有物理意义的电压信号，转换为原来对应的物理量。

- 消除数据中的干扰信号

消除在数据的采集、传送和转换过程中，系统内部和外部干扰在数据中混入干扰信号，以保证采样精度。

- 分析计算数据的内在特征

对采集到的数据进行变换计算，得到表达采样数据内在特征的二次数据。

例如，在研究振动时，由于频谱更能说明振动波形对机械结构所产生影响，因此，常对采集到的振动信号作傅里叶（FFT）变换，得出振动波形的频谱。

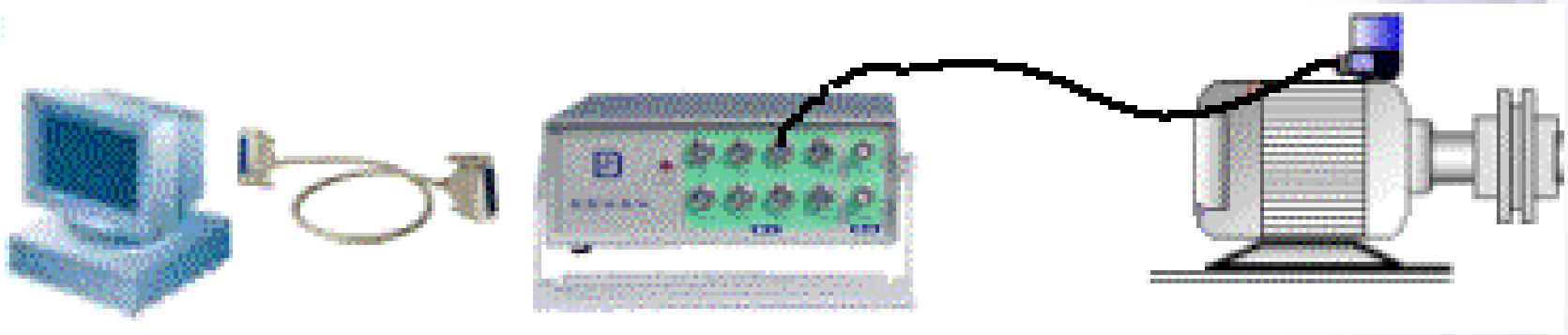


图1-4　电机轴承故障数据采集系统

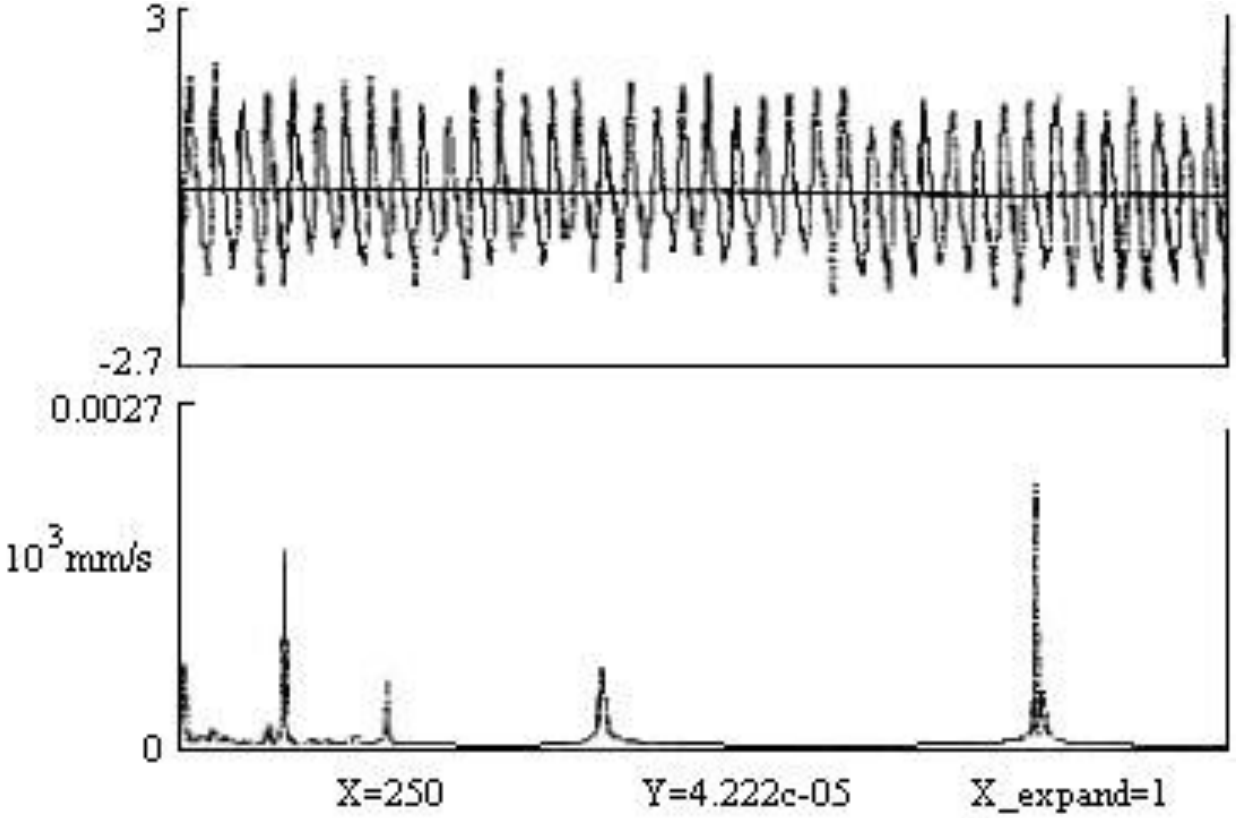


图1-5　更换轴承后电机运行的振动波形与频谱

用振动标准（如ISO2372标准）判断振动是合格的。

但是，这种状态表现为轴承部件存在缺陷，在测完此图后两小时转子抱轴。